



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Einfluss von Kohlenhydratladen auf die Leistungsfähigkeit am Spiroergometer

Verfasser

Florian Schönbauer

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, Juni 2011

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 474

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Diplomstudium Ernährungswissenschaften

Betreuer:

Univ.-Prof. Dr. Paul Haber

DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich mich bei Herrn Univ.-Prof. Dr. Paul Haber für die stetige Betreuung bei der theoretischen und praktischen Erarbeitung des Diplomarbeitsthemas bedanken. Seine konstruktive und motivierende Unterstützung hat zur erfolgreichen Fertigstellung der Diplomarbeit beigetragen.

Weiters gilt mein Dank dem Institut für Ernährungswissenschaften, im Speziellen Univ.-Prof. Karl-Heinz Wagner, Dr. Oliver Neubauer und Mag. Peter Putz für die Ermöglichung, Einschulung und Betreuung der Spiroergometrie-Messungen.

Danke an jeden einzelnen Probanden, der den Aufwand der Belastungsmessungen und Ernährungsintervention auf sich genommen hat. Ohne Eure zuverlässige und professionelle Teilnahme wären die Analysen nicht möglich gewesen.

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis.....	V

I. Hermeneutischer Teil

1 Einleitung und Fragestellung.....	1
2 Literaturübersicht.....	3
2.1 Geschichtlicher Überblick.....	3
2.2 Leistungsphysiologische Grundlagen	4
2.2.1 Ausdauer	4
2.3 Einflussfaktoren auf die Substratutilisation	7
2.4 Kohlenhydratladen	11
2.4.1 Varianten des Kohlenhydratladens.....	12
2.4.2 Einfluss des Kohlenhydratladens bei Männern und Frauen	14
2.4.3 Mögliche Komplikationen des Kohlenhydratladens	14
2.4.4 Einflussfaktoren auf die Glykogensyntheserate	15
2.5 Leistungsdiagnostik	20
2.5.1 Ergometrie.....	20
2.5.2 Spiroergometrie	21
2.5.3 Leistungsdiagnostische Messwerte	22

II. Experimenteller Teil

3 Probanden und Methoden	28
3.1 Beschreibung des Probandenkollektivs.....	28
3.1.1 Einteilungskriterien der Probanden.....	29
3.2 Durchführung	30
3.2.1 Spiroergometrische Messungen	33
3.2.2 Superkompensation der Glykogenspeicher.....	35
3.3 Testauswertung	37
3.3.1 Arbeitshypothesen.....	37
3.3.2 Auswertung der Ernährungsprotokolle	38
3.3.3 Statistische Auswertung.....	41
4 Ergebnisse und Diskussion	43
4.1 Analyse des Kohlenhydratladen-Einflusses auf die Leistungsfähigkeit des gesamten Probandenkollektivs.....	45
4.2 Analyse des Kohlenhydratladen-Einflusses auf die Leistungsfähigkeit für die Gruppen Leistungssportler und Hobbysportler	47
4.3 Zusammenfassung der Testergebnisse	50
4.4 Diskussion der Testergebnisse	51
5 Schlussbetrachtung	58
5.1 Prüfung der Arbeitshypothesen	59
6 Zusammenfassung	60
6 Summary	61
7 Literaturverzeichnis	62
8 Anhang	69

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Die Beziehung zwischen der Belastungsintensität und der Glykogenutilisation in der arbeitenden Skelettmuskulatur	8
Abb. 2: Substratverbrauch bei unterschiedlichen Belastungsintensitäten	9
Abb. 3: Beziehung zwischen aufgenommener Kohlenhydratmenge und Glykogenspeicherung in der Erholungsphase nach speicherentleerender Belastung ..	16
Abb. 4: Einfluss der Erholungsdauer zwischen zwei Belastungen auf den Effekt von sofortiger und aufgeschobener KH-Aufnahme auf die Glykogensyntheserate	17
Abb. 5: Blutzuckerverlauf nach Zufuhr von Kohlenhydraten mit verschiedenem glykämischen Index	19
Abb. 6: Gasstoffwechseluntersuchung während des Laufens unter Benützung des Douglas-Sacks	22
Abb. 7: Das Verhalten der Herzfrequenz von Männern und Frauen bei submaximaler und maximaler Arbeit	25
Abb. 8: Testprotokoll der Spiroergometrie-Messungen	34
Abb. 9: Symptomlimitierte, maximale Spiroergometrie mit stufenförmig ansteigendem Testprotokoll bei einer Belastung von 400 Watt	34
Abb. 10: Standardprotokoll einer Spiroergometrie-Belastungsmessung	43
Abb. 11: Vergleich der beiden Belastungsmessungen für das gesamte Probandenkollektiv im submaximalen Bereich	46
Abb. 12: Vergleich der beiden Belastungsmessungen für die Gruppen Leistungssportler und Hobbysportler im submaximalen Bereich	48

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Einteilung des Probandenkollektives	29
Tab. 2: Zeitplan-Übersicht.....	31
Tab. 3: Aufgenommene KH-Menge während der dreitägigen Speicher-Auffüllphase...	38
Tab. 4: Einfluss des Kohlenhydratladens auf das Körpergewicht der Probanden.....	39
Tab. 5: Auflistung der Untersuchungsparameter für die statistische Auswertung	41
Tab. 6: Darstellung der Mittelwerte für ausgewählte Parameter auf den Belastungsstufen 150W, 200W, 250W und der gemessenen Maximalwerte der Probanden.....	45
Tab. 7: Vergleich der beiden Belastungsmessungen für das gesamte Probandenkollektiv im submaximalen Bereich	46
Tab. 8: Vergleich der beiden Belastungsmessungen für das gesamte Probandenkollektiv im maximalen Bereich	47
Tab. 9: Vergleich der beiden Belastungsmessungen für die Gruppen Leistungssportler und Hobbysportler im submaximalen Bereich	48
Tab. 10: Vergleich der beiden Belastungsmessungen für die Gruppen Leistungssportler und Hobbysportler im maximalen Bereich	49
Tab. 11: Zusammenfassung der Testergebnisse.....	50

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ADP	Adenosindiphosphat
ATP	Adenosintriphosphat
BLS	Bundeslebensmittelschlüssel
bzw.	beziehungsweise
ca.	cirka
CL	Kohlenhydratladen
CrP	Kreatinphosphat
D%	relative Differenz
g	Gramm
GI	glykämischer Index
h	Stunde
HF	Herzfrequenz
HGI	hoher glykämischer Index
HS	Hobbysportler
kcal	Kilokalorien
kg	Kilogramm
KG	Körpergewicht
KH	Kohlenhydrat(e)
LGI	niedriger glykämischer Index
LS	Leistungssportler
min	Minuten
mmol	Millimol
O ₂	Sauerstoff
RQ	respiratorischer Quotient
Tab.	Tabelle
USDA	United States Department of Agriculture
V'E	Atemminutenvolumen
V'E/V'O ₂	Atemäquivalent
VO ₂	Sauerstoffaufnahme
VO _{2max}	maximale Sauerstoffaufnahme
VO ₂ /HF	Sauerstoffpuls
W _{max}	maximale Wattleistung
zB.	zum Beispiel

I. Hermeneutischer Teil

1 Einleitung und Fragestellung

Die für mich interessante Verbindung zwischen den Themengebieten Sport und Ernährung hat einen wesentlichen Teil dazu beigetragen, dieses Diplomarbeitsthema auszuwählen. Die beiden Bereiche sind besonders im Leistungssport eng miteinander verbunden und können für einen Großteil der Athleten nicht voneinander getrennt werden.

Durch persönliche Erfahrungen und den direkten Kontakt mit Leistungssportlern aus dem extremen Ausdauerbereich wurde ich des Öfteren mit der eisernen Disziplin ihres Ernährungs- und Trainingsverhaltens konfrontiert.

Die optimale Ernährung ist für Sportler als integrierender Bestandteil von Trainingsplänen anzusehen. Ziel ist es, mit einer bewussten Ernährung eine Optimierung der Leistungsfähigkeit zu erreichen.

Als angehender Ernährungswissenschaftler und Hobbysportler interessiert es mich besonders, ob eine Leistungssteigerung im Wettkampf durch gezielte Ernährungsmaßnahmen in der unmittelbaren Vorwettkampfphase ermöglicht werden kann.

Die wohl bekannteste Methode ist das sogenannte Kohlenhydratladen. Mit den zunächst Glykogenspeicher-entleerenden und anschließend -auffüllenden Maßnahmen sollen die Kohlenhydratspeicher über ihr Ausgangsniveau superkompensiert werden.

Die Wurzeln dieser Methode gehen auf die Erkenntnisse skandinavischer Forschergruppen der späten 1960er Jahre zurück. Neben der klassischen Methode, die bis heute unverändert Anwendung findet, haben sich in den letzten Jahrzehnten diverse Modifikationen entwickelt.

Mit dieser Diplomarbeit möchte ich herausfinden, ob die bekannte Trainings- und Ernährungsmethode des Kohlenhydratladens in der Vorwettkampfphase den gewünschten Effekt der Leistungssteigerung mit sich bringt.

Ist die Leistungssteigerung groß genug, um schneller zu sein als jene Wettstreiter, die keinen Wert auf spezielle Ernährungsmaßnahmen legen?

Der Zweck dieser Arbeit soll weiters darin liegen, herauszufinden, ob sich der erwartete Anstieg der Leistungsfähigkeit zwischen Hobbysportlern und Leistungssportlern unterscheidet. Die Glykogenkonzentration bei Leistungssportlern könnte durch eine in der Regel bewusstere und kohlenhydratreichere Ernährungsweise per se schon sehr hoch sein. Dadurch ist ein geringerer Effekt durch das Kohlenhydratladen im Vergleich zu Hobbysportlern denkbar.

Zur einfacheren Lesbarkeit der Diplomarbeit wurde auf gendergerechte Formulierungen verzichtet. Es sind in jedem Falle aber beide Geschlechter angesprochen.

2 Literaturübersicht

2.1 Geschichtlicher Überblick

Den essentiellen Einfluss von Nahrungskohlenhydraten für körperliche Leistungsfähigkeit während eines Wettkampfes erkannten bereits Christensen und Hansen in den späten 1930er Jahren. Sie untersuchten die Auswirkungen der unterschiedlichen Ernährungsbedingungen auf die Energiebereitstellung bei submaximaler Belastung am Fahrradergometer.

Dabei erkannten sie, dass die Ausdauerleistung nach einer kohlenhydratreichen Diät im Vergleich zu einer protein- und fettreichen Diät verbessert werden konnte [Ivy, 1999].

Durch Muskelbiopsie-Messungen des Glykogengehaltes von Bergström et al. knapp 30 Jahre später erlangten Ernährungs- und Trainingsstrategien zur Maximierung der Kohlenhydratspeicher vor einem Wettkampf zunehmend Beachtung. Eine Entleerung der endogenen Kohlenhydratspeicher (Leber- und Muskelglykogen) steht in direktem Zusammenhang mit einer Verringerung der Leistungsfähigkeit [Bergström et al., 1967].

Muskelglykogen gilt als bedeutendste Quelle der Energiebereitstellung bei intensiven Ausdauerbelastungen [Ivy, 1999].

2.2 Leistungsphysiologische Grundlagen

Für die Aufrechterhaltung physiologischer Abläufe, wie etwa der Muskeltätigkeit, muss Energie zur Verfügung gestellt werden. Die ununterbrochene Energiezufuhr wird durch Energiespeicher im Organismus und durch die Nahrungsaufnahme gesichert. Durch die Verbrennung der Nährstoffe Fett, Kohlenhydrate und Protein mit Sauerstoff kann Energie gewonnen werden. Die Nährstoffe, Kohlenhydrate, Eiweiß und Fett unterscheiden sich durch ihre Energieausbeute pro Liter Sauerstoff:

Kohlenhydrate:	5,0 kcal/LiterO ₂
Fett:	4,7 kcal/LiterO ₂
Eiweiß:	4,5 kcal/LiterO ₂

Als Hauptsubstratquellen bei Belastung gelten Kohlenhydrate und Fette. Proteine spielen eine untergeordnete Rolle [Haber, 2005].

Die Muskulatur speichert Adenosintriphosphat (ATP), Kreatinphosphat (CrP), Glykogen und Triglyzeride als Energiereserven.

Zudem gelangen Substrate über den Blutweg in die Muskulatur und werden zur Energiebereitstellung herangezogen. Nur etwa ein Viertel der gewonnenen Energie kann als mechanische Arbeit genutzt werden, der Rest geht als freigesetzte Wärme verloren. Der Abbau der energiereichen Phosphatverbindung ATP in das energieärmere Adenosindiphosphat (ADP) gilt als wesentlich für die Kontraktion der Muskulatur [Löffler, 2005].

2.2.1 Ausdauer

Univ. Prof. Dr. Paul Haber definiert Ausdauer als: „Fähigkeit, durch Muskeltätigkeit verbrauchtes ATP durch Steigerung der Produktion zu resynthetisieren und damit eine neue Leistungshomöostase für ATP einzustellen“ [Haber, 2005].

Aufgrund verschiedener biochemischer Varianten der ATP-Resynthese lassen sich zwei Hauptformen und jeweils zwei Unterformen der Ausdauer unterscheiden. Diese weichen aufgrund der Geschwindigkeit der ATP-Resynthese sowie der dabei gewonnenen Menge an ATP voneinander ab [Haber, 2005].

Aerobe Ausdauer

Die Energiebereitstellung für diese Variante erfolgt durch den Abbau von Fettsäuren und/oder Glucose unter Sauerstoffverbrauch. Die beiden Unterformen werden je nach Art des oxidativ abgebauten Substrates eingeteilt [Haber, 2005].

- Extensiv aerobe Ausdauer

Die ATP-Synthese während der Belastung erfolgt durch den Abbau von Glucose und Fettsäuren. In körperlicher Ruhe und niedriger Belastung liegt der Anteil der Fettverbrennung bei etwa 80%. Mit steigender Belastungsintensität ist eine Abnahme der Fettoxidation zu Gunsten der Glucoseoxidation assoziiert [Haber, 2005].

- Intensiv aerobe Ausdauer

Die ATP-Synthese während der Belastung erfolgt ausschließlich durch den oxidativen Abbau von Glucose. Bei Belastungsintensitäten von mehr als 60-70% der VO_{2max} wird die Fettsäuremobilisierung aus den körpereigenen Speichern stillgelegt und es erfolgt ein Wechsel auf die alleinige oxidative Verbrennung von Glucose. Bei der Verbrennung von Kohlenhydraten pro Liter Sauerstoff kann im Vergleich zur Fettverbrennung um 6% mehr Energie bereitgestellt werden [Haber, 2005].

Anaerobe Ausdauer

Die ATP-Resynthese findet ohne unmittelbaren Sauerstoffverbrauch statt. Durch die Spaltung energiereicher Moleküle kann wesentlich mehr Energie gewonnen und dadurch eine höhere Leistung erzielt werden. Sie erfolgt zusätzlich zur aeroben Ausdauer, welche bestehend der Energiegewinnung dient. Die anaerobe Ausdauer

setzt ein, wenn der Energieverbrauch nicht mehr ausschließlich durch die oxidative Energiebereitstellung gedeckt werden kann. Die alleinige oxidative ATP-Resynthese gilt als nicht mehr ausreichend, wenn die Belastungsintensität 100% der VO_{2max} beträgt.

Der Beginn der Muskelarbeit wird zunächst mit der anaeroben Energieumwandlung eingeleitet, da das Anlaufen der Blutzirkulation und des Stoffwechsels eine bestimmte Zeit benötigt. Daher erfolgt die ATP-Resynthese zur Überbrückung der ersten 1-2 Minuten, bis die oxidative Energiebereitstellung ihr erforderliches Niveau erreicht hat, über die anaerobe Ausdauer.

Die beiden Unterformen der anaeroben Ausdauer unterscheiden sich durch den biochemischen Vorgang der Energiegewinnung [Haber, 2005].

- Laktazid-anaerobe Ausdauer

Die biochemische Reaktion zur Energiebereitstellung bei der laktazid-anaeroben Ausdauerform ist die Glykolyse. Diese Form der Ausdauer steht im Vordergrund, wenn die Belastungsintensität die Möglichkeiten der aeroben ATP-Resynthese übersteigert. Sie ist an einem rasch ansteigenden Laktatspiegel im Blut erkennbar. Die maximale Laktatanstiegsgeschwindigkeit ist vom Trainingszustand abhängig. Sie beträgt bei untrainierten Personen 23mmol/l/min und bei trainierten Sportlern bis zu 40mmol/l/min.

Durch den Verzicht des Sauerstoffs kann eine hohe Geschwindigkeit der Energiebereitstellung erreicht werden [Haber, 2005].

- Alaktazid-anaerobe Ausdauer

Die Energiebereitstellung erfolgt durch die Spaltung von Kreatinphosphat (CrP), wodurch sehr hohe Energieflüsse zur Verfügung gestellt werden können. Allerdings ist ihr Maximum nach 6-7 Sekunden erreicht. Nach 10 Sekunden voller Aktivität sind die CrP-Reserven bereits erschöpft. Die Wiederherstellung der Kreatinphosphatspeicher erfolgt innerhalb mehrerer Minuten [Haber, 2005].

2.3 Einflussfaktoren auf die Substratutilisation

Bereits 1932 erkannte Christensen, dass Veränderungen der Belastungsintensität mit Veränderungen der Substratutilisation assoziiert sind [Christensen, 1932].

In Abhängigkeit der Belastungsintensität verändert sich der Beitrag von Kohlenhydraten und Fett an der aeroben Energieversorgung [van Loon et al., 2001].

In körperlicher Ruhe erfolgt die Energiebereitstellung aus Kohlenhydraten und Fett etwa zu gleichen Anteilen. Im submaximalen und maximalen Belastungsintensitätsbereich wird ein immer höherer Prozentsatz an Kohlenhydraten verbrannt [Fredholm, 1969].

In den ersten 30 Sekunden der Belastung wird die notwendige Energie über den anaeroben Stoffwechsel bereitgestellt [Grassi et al., 1996].

Belastungen in der Größenordnung von 20-30% der maximalen Sauerstoffaufnahme verbrauchen wenig Muskelglykogen (Gehen: 0,3mmol/kg/min). Ein Anstieg der Belastungsintensität führt zum Anstieg der Glykogenverbrauchsmenge auf über 40mmol/kg/min [Costill et al., 1973].

In Abb. 1 ist der Anstieg der Glykogenutilisation bei zunehmender Belastungsintensität dargestellt.

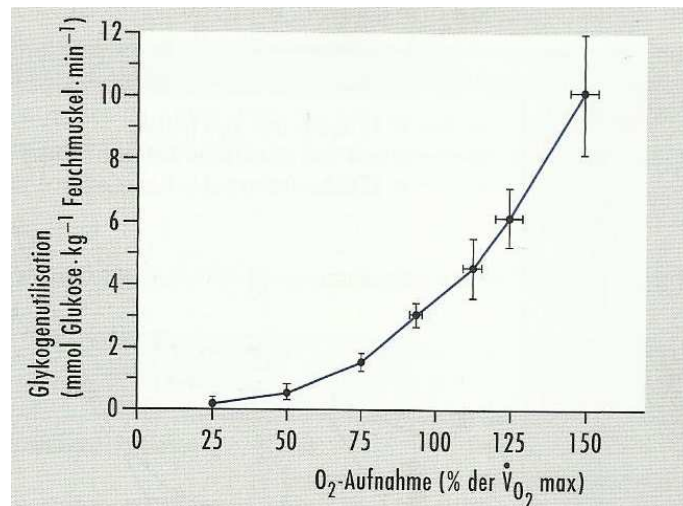


Abb. 1: Die Beziehung zwischen der Belastungsintensität (Prozentsatz der maximalen Sauerstoffaufnahme) und der Glykogenutilisation in der arbeitenden Skelettmuskulatur [Saltin und Karlsson, 1986 aus Hollmann und Strüder, 2009].

Die Kohlenhydratoxidation hat eine hohe energetische Effektivität. Sie erfolgt bei hochintensiven Belastungen nur bis zur Laktatbildung. Durch das Absinken des intrazellulären pH-Wertes sinkt die muskuläre Leistungsfähigkeit und gleichzeitig wird die Mobilisierung von freien Fettsäuren behindert [Fredholm, 1969].

Während die Kohlenhydratoxidation sukzessive mit der Intensität der Belastung ansteigt, erreicht die Fettoxidation bei Intensitätsbereichen von 45-65% der maximalen Sauerstoffaufnahme ihr Maximum und wird darauffolgend wieder gedrosselt. Die Belastungsintensität für das individuelle Fettoxidationsmaximum ist abhängig von Geschlecht, Trainingsstatus, $\dot{V}O_{2\max}$ und der Ernährung [Achten und Jeukendrup, 2004].

Für niedrige bis mittlere Belastungen stellen freie Fettsäuren im Plasma den überwiegenden Anteil der Energiebereitstellung dar. Bei höheren Intensitäten gelten Plasmafettsäuren und Muskeltriglyzeride als Hauptsubstrate der Fettoxidation. Mit zunehmender Intensität erhöht sich der Beitrag von Plasmaglukose (10-15%) und Muskelglykogen (>60%) an der Substratoxidation [Holloszy et al., 1998] (siehe Abb. 2).

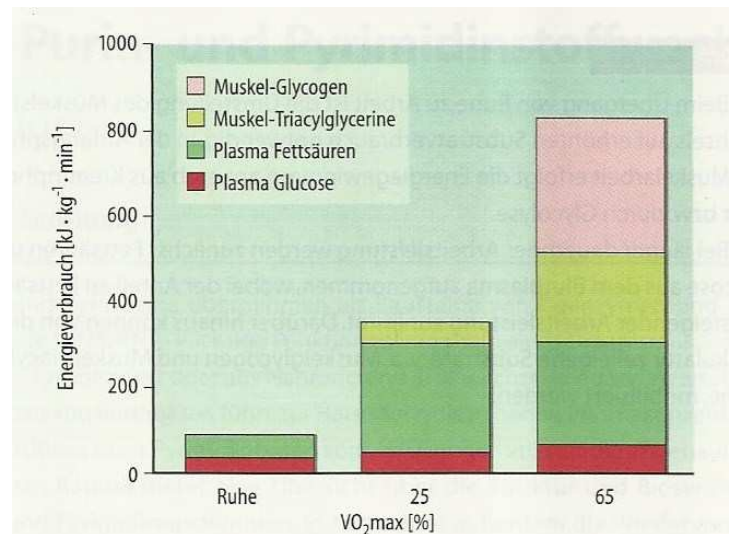


Abb. 2: Substratverbrauch in Ruhe und bei Belastungen mit 25 bzw. 65% der maximalen Sauerstoffaufnahme [Löffler, 2005].

Langdistanz-Triathleten weisen eine erhöhte Kapazität zur Fettoxidation auf [Jeukendrup et al., 2005].

Gezieltes Ausdauertraining führt zu mehreren Anpassungsreaktionen im Skelettmuskel und ermöglicht so eine gesteigerte Fettsäureoxidation. Neben einer erhöhten Mitochondriendichte in der Skelettmuskulatur und verbesserter Kapillarisation kommt es zu Änderungen im Muskelfasertyp [Mittendorfer und Klein, 2003].

Durch den Anstieg der Fettsäureoxidation werden die Muskelglykogenspeicher sowie die Blutglucose bei submaximaler Belastung geschont [Horowitz und Klein, 2000].

Abgesehen vom Ausdauertraining haben Ernährung, Geschlecht, Alter und Körperzusammensetzung ebenfalls Einfluss auf die Substratutilisation während der Belastung [Mittendorfer und Klein, 2003].

Aufgrund endokriner Unterschiede bei Männern und Frauen konnte eine Verschiebung der Stoffwechselrate von Kohlenhydraten und Fett während der Ausdauerbelastung festgestellt werden. Für Männer stellen dabei Kohlenhydrate die Hauptsubstratquelle dar, während Frauen anteilmäßig mehr Fett zur Energiebereitstellung heranziehen. Der unterschiedliche Beitrag der Substrate am Gesamtenergieaufwand bei Männern

und Frauen wurde ausschließlich während der Belastung nachgewiesen. Vor oder nach der Belastung besteht zwischen den Geschlechtern kein Unterschied für die jeweilige Hauptsubstratquelle [Horton et al., 1998].

Die Kohlenhydrataufnahme vor und während eines Wettkampfes führt zu einer Verringerung der Fettsäureoxidationsrate. Das Ausmaß dieser Reduktion ist abhängig von Menge und Art der aufgenommenen Kohlenhydrate sowie vom Zeitpunkt der Aufnahme [Febbraio et al., 2000].

Die meisten Studien erkannten jedoch keinen Unterschied in der Fettsäureoxidationsrate durch eine Kohlenhydrataufnahme vor hochintensiver Belastung [Achten und Jeukendrup, 2004].

Der sogenannte „crossover point“ beschreibt die relative Belastungsintensität, bei der eine Verschiebung der Hauptsubstratquelle des oxidativen Stoffwechsels von Fett zu Kohlenhydraten erfolgt. Für Untrainierte mit normaler Mischkost-Ernährung, läuft diese Umstellung bei etwa 50% VO_{2max} ab [Brooks und Mercier, 1994].

Bei 80% VO_{2max} ist für Trainierte die Energiebereitstellung aus Fett höher als für Untrainierte. Der Einfluss von intensivem Ausdauertraining auf die Verschiebung des crossover points erfolgt durch spezielle Anpassungsreaktionen [Holloszy et al., 1998].

Ein weiterer Einflussfaktor auf die Verschiebung des crossover points stellt die Ernährung dar. Eine fettreiche Ernährungsweise verschiebt die relative Belastungsintensität, ab welcher Kohlenhydrate als Hauptsubstratquelle dienen nach oben. Dadurch wird der Anteil von Fett für die oxidative Energiebereitstellung deutlich erhöht [Holloszy et al., 1998].

2.4 Kohlenhydratladen

Der Glykogengehalt der Muskulatur stellt bei Ausdauersportlern einen leistungsbestimmenden Faktor dar und hat dadurch Auswirkung auf das Wettkampfergebnis [Haber, 2005].

Körperliche Erschöpfung bei Langdistanzbelastung steht in Zusammenhang mit entleerten Muskelglykogenspeichern und verringerter Blutglucosekonzentration [Bergström et al., 1967].

Das Erzielen hoher Leber- und Muskelglykogenkonzentrationen in den Tagen vor einem Wettkampf gilt als wesentlich für eine optimale Wettkampfformance [Jeukendrup et al., 2005].

Durch gezielte Trainings- und Ernährungsmaßnahmen soll ein Anstieg der muskulären Glykogenspeicher erreicht werden. Für eine optimale Glucoseverfügbarkeit, wird in der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung das sogenannte Kohlenhydratladen durchgeführt. Dabei werden die Glykogenspeicher anfänglich durch intensive Ausdauerbelastung in Verbindung mit kohlenhydratarmer Kost entleert. Im Anschluss daran soll durch die Kombination von geringem Trainingsaufwand (ein Drittel der normalen Dauer) mit kohlenhydratreicher Kost eine Superkompensation der Kohlenhydratspeicher erzielt werden. Der Muskelglykogengehalt kann dadurch auf ein doppelt so hohes Niveau gesteigert werden [Haber, 2005].

Bei normaler Mischkosternährungsweise haben untrainierte Personen einen durchschnittlichen Glykogengehalt von 80mmol/kg Muskel (Feuchtgewicht), während der Glykogengehalt von trainierten Sportlern im Vergleich deutlich höher ist. Dieser liegt im Durchschnitt bei 125mmol/kg Muskel (Feuchtgewicht). Durch den Vorgang des Kohlenhydratladens ist ein Anstieg des Glykogengehaltes auf 200mmol/kg Muskel (Feuchtgewicht) möglich [Hawley et al., 1997b].

Ausdauersportler ernähren sich in der Regel bewusster und kohlenhydratreicher als Personen, ohne regelmäßige Trainingsbelastungen. Die erzielbare Steigerung des Glykogengehaltes ist aufgrund der höheren Ausgangswerte bei Leistungssportlern erniedrigt. Die Kohlenhydrataufnahme erreicht bei ca. 600g pro Tag eine Maximalschwelle, ab jener zusätzlich aufgenommene Kohlenhydrate nicht mehr für die Glykogenspeicherung herangezogen werden können [Hawley et al., 1997b].

Studien, die sich auf die Erkenntnisse intensiver Wettkämpfe (Dauer maximal 60-90 Minuten) beziehen, konnten keinen Nutzen durch den Vorgang des Kohlenhydratladens feststellen [Sherman et al., 1981; Madsen et al., 1990; Hawley et al., 1997a].

Die Resultate verschiedener Studien gehen bei dem Thema des Einflusses einer kohlenhydratreichen Diät auf die Leistungsfähigkeit bei Wettkämpfen mit hoher Intensität auseinander. Einige Studien konnten einen Anstieg der Muskelglykogenkonzentration und eine Verbesserung der Leistung feststellen, andere erkannten wiederum keinen Nutzen in der erhöhten Kohlenhydrataufnahme vor dem Wettkampf [Maughan et al., 1997; Vandenberghe et al., 1995].

Hawley et al. belegten eine Steigerung der Ausdauer (+20%) und Leistung (+2-3%) durch die Muskelglykogensuperkompensation [Hawley et al., 1997b].

2.4.1 Varianten des Kohlenhydratladens

Mehrere leicht voneinander abweichende Modelle beschreiben ähnliche Effekte durch die Superkompensation des Glykogengehaltes.

Die klassische Form des Kohlenhydratladens von Bergström et al. sieht eine Periode kohlenhydratarmer Ernährung, gefolgt von Tagen kohlenhydratreicher Diät vor. Die Superkompensation des Muskelglykogengehaltes führt zu einer Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit [Bergström et al., 1967].

Eine modernere Variante des Kohlenhydratladens, welche vergleichbare Effekte zur klassischen Form liefern soll, zeigt das Modell von Sherman et al. Im Gegensatz zur klassischen „Schwedendiät“ von Bergström et al. wird die Belastung beim sogenannten „Tapering“ schrittweise über eine Woche reduziert. Am letzten Tag ist keine Belastung mehr vorgesehen. Bei diesem Modell erfolgt der Vorgang des Kohlenhydratladens ohne die glykogenspeicherentleerende Phase. Die Athleten ernähren sich 3 Tage lang von gemischter Normalkost. Darauf folgen 3 Tage kohlenhydratreiche Ernährungsweise [Sherman et al., 1981].

Ausgehend von dem Modell von Sherman et al. haben sich leichte Modifizierungen entwickelt. Dabei wird die anfängliche dreitägige Normalkost durch kohlenhydratarme Diät ersetzt. Die darauffolgenden kohlenhydratreichen Tage sowie das Tapering der Belastung, bleiben unverändert [Burke et al., 2000; Rauch et al., 1995].

Studien wie die von Fairchild et al. deuten darauf hin, dass trainierte Athleten ihre Glykogenspeicher bereits in weniger als 24 Stunden füllen können. Dabei werden die Glykogenspeicher zunächst durch eine dreiminütige maximale Anstrengung geleert um sie anschließend innerhalb von 24 Stunden über den Ausgangswert zu erhöhen. Die dafür vorgesehene Kohlenhydrataufnahme liegt bei 12g pro kg fettfreier Körpermasse [Fairchild et al., 2002].

Durch die kurze supramaximale Belastung und anschließende kohlenhydratreiche Diät konnten vergleichbare Gehalte wie beim klassischen Kohlenhydratladen-Modell von Bergström et al. erzielt werden. Das Modell von Fairchild et al. gilt als gute Alternative für Athleten, denen der Zeitaufwand der klassischen Superkompensations-Methode zu groß ist. Das erfolgreiche Kohlenhydratladen innerhalb von 24 Stunden ermöglicht Sportlern, einige Ruhetage mit normaler Kohlenhydrataufnahme vor dem Wettkampf einzulegen. Die Muskelglykogengehalte bleiben bei körperlicher Ruhe und normaler Ernährung für mehrere Tage auf ihrem erhöhten Niveau bestehen [Fairchild et al., 2002].

2.4.2 Einfluss des Kohlenhydratladens bei Männern und Frauen

Die Fähigkeit von Frauen, ihre Muskelglykogenspeicher durch den Vorgang des Kohlenhydratladens zu steigern, ist im Vergleich zu Männern geringer ausgeprägt. Dieses Phänomen wird auf eine geringere Energieaufnahme der weiblichen Athleten zurückgeführt. Die reduzierte Energieaufnahme steht im Zusammenhang mit einer geringeren Kohlenhydrataufnahme.

Nach ausreichender Kohlenhydrat- und Energiezufuhr konnte bei Frauen eine signifikant höhere Kohlenhydratspeicherung festgestellt werden. Der Anstieg des Kohlenhydratgehaltes war mit jenem der männlichen Probanden vergleichbar [Tarnopolsky et al., 2001].

In der frühen Phase (bis 4 Stunden) nach der Belastung konnten keine geschlechtsspezifischen Unterschiede bei der Glykogenresynthese festgestellt werden, wenn die Kohlenhydrataufnahme auf das Körpergewicht bezogen wurde (zB. 1g Kohlenhydrat pro kg Körpergewicht unmittelbar nach der Belastung) [Tarnopolsky et al., 2001].

Walker et al. erkannten, dass bei Frauen, durch den erhöhten Gehalt der Hormone Östradiol und Progesteron in der lutealen Phase des Menstruationszyklus ein Anstieg der Glykogensyntheserate vorliegt [Walker et al., 2000].

2.4.3 Mögliche Komplikationen des Kohlenhydratladens

Beim klassischen Modell des Kohlenhydratladens folgen nach 60-90 minütiger intensiver Ausdauerbelastung insgesamt 3 Tage mit kohlenhydratarmer Ernährung. In der praktischen Umsetzung ist diese Form der Glykogenspeicherentleerung mit einigen Problemen verbunden. Die Tage vor einem Wettkampf gelten für den Sportler als besonders sensible Phase der Vorbereitung. Intensives Training in Kombination mit

kohlenhydratarmer Ernährung gilt als muskelphysiologisch ungünstig und kann sich daher negativ auf die maximale Leistungsfähigkeit auswirken [Haber, 2005].

Neben Magen-Darm-Problemen im Zuge der Ernährungsintervention kann vor allem die kohlenhydratarme Trainingsphase zu erhöhter psychischer Belastung führen.

Erschöpfungsgefühl, Niedergeschlagenheit, Müdigkeit und Motivationsverlust gelten als Symptome, von denen sich manche Sportler psychisch und physisch bis zum Wettkampf nicht mehr erholen [Friedrich, 2006].

Im Weiteren wird 1g Glykogen im Körper mit bis zu 5g Wasser gebunden. Eine mehrtägige kohlenhydratreiche Diät ist mit einer Gewichtszunahme von 2 bis 3% assoziiert [Hawley et al., 1997b].

Die Umstellung von einer protein- und fettreichen Diät auf eine kohlenhydratreiche Ernährung kann zu einer Zunahme der Körpermasse um bis zu 1kg führen [Haber, 2005].

2.4.4 Einflussfaktoren auf die Glykogensyntheserate

Kohlenhydrate und Fette gelten als Hauptsubstratquellen zur Energiebereitstellung bei körperlicher Aktivität. Im Gegensatz zu Fettspeichern sind körpereigene Kohlenhydratspeicher als Energiequelle bei Belastungen mit einer Dauer von über 90 Minuten eine limitierende Größe. Verschiedene Faktoren nehmen Einfluss auf die Glykogenresynthese zur Wiederauffüllung der Kohlenhydratdepots nach speicherentleerender Belastung [Burke et al., 2004].

Menge der KH-Aufnahme

Die über die Nahrung aufgenommene Kohlenhydratmenge korreliert mit der Wiederauffüllung der Kohlenhydratspeicher nach Belastungen [Burke et al., 2004].

Durch eine erhöhte Kohlenhydrataufnahme konnte ein Anstieg der Glykogenspeicherung festgestellt werden. Die Glykogenspeicherkapazität gilt bei einer Aufnahmemenge von 7-10g Kohlenhydraten/kg Körpergewicht als erschöpft [Burke et al., 2004] (siehe Abb. 3).

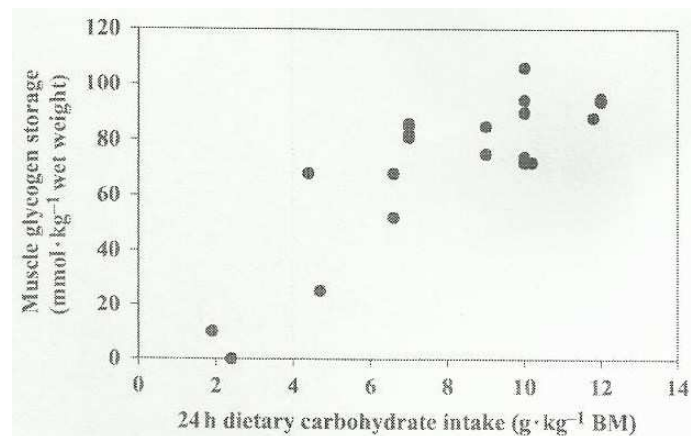


Abb. 3: Beziehung zwischen aufgenommener Kohlenhydratmenge und Glykogenspeicherung in der Erholungsphase nach speicherentleerender Belastung [Burke et al., 2004].

Neben der Gesamtaufnahmemenge der Kohlenhydrate in der unmittelbaren Erholungsphase spielt auch die zeitliche Verteilung des Quantums eine entscheidende Rolle. Van Hall et al. zeigen, dass die Glykogensyntheserate bei einer Kohlenhydratsupplementierung in kurzen Intervallen (alle 15-30 Minuten) im Vergleich zu einer Aufnahme alle 2 Stunden im Durchschnitt um 30% höher ist [van Hall et al., 2000].

Jentjens und Jeukendrup zeigten, dass eine Kohlenhydratzufuhr von 1-1,85g KH/kg KG/h unmittelbar nach Belastung und anschließend im Abstand von 15-60 Minuten zu einer maximalen Muskelglykogensyntheserate führt [Jentjens und Jeukendrup, 2003].

Die Ermittlung der tatsächlichen Menge an Kohlenhydraten für das Erreichen der maximalen Glykogensyntheserate erfordert weitere Erforschung des Themengebietes [Jentjens und Jeukendrup, 2003].

Zeitpunkt der KH-Aufnahme

In der ersten Stunde nach körperlicher Tätigkeit ist die Glykogensyntheserate am höchsten [Ivy et al., 1988]. Bei sofortiger Kohlenhydrataufnahme kann eine Syntheserate von durchschnittlich 20-50 mmol/kg Trockengewicht/h erzielt werden. Erfolgt in den ersten Stunden keine Kohlenhydrataufnahme, führt das zu einer niedrigeren Syntheserate von lediglich 10 mmol/kg Trockengewicht/h [van Hall et al., 2000].

Durch die Erschöpfung der KH-Speicher infolge einer körperlichen Anstrengung wird die Glykogensynthese aktiviert. Weiters kommt es durch die Belastung zu einem Anstieg der Insulinsensitivität und der Permeabilität der Muskelzellmembran für Glucose. Durch die rasche Zufuhr von Kohlenhydraten nach der Anstrengung können diese positiven Effekte genutzt und die Glykogensyntheserate erhöht werden [Burke et al., 2004].

Der Effekt der unmittelbaren Kohlenhydrataufnahme auf die Speicherrate ist größer, wenn die Erholungszeit bis zur nächsten Belastung eine Dauer von 4-8h nicht überschreitet. Bei einer Regenerationsphase über den Zeitraum von 8 Stunden hinaus gilt die Syntheserate als unabhängig vom Zeitpunkt der Kohlenhydrataufnahme [Parkin et al., 1997] (siehe Abb. 4).

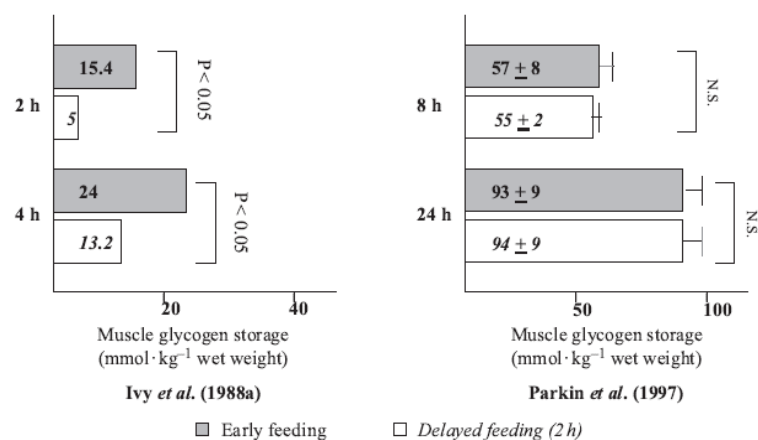


Abb. 4: Einfluss der Erholungsdauer zwischen zwei Belastungen auf den Effekt von sofortiger und aufgeschobener KH-Aufnahme auf die Glykogensyntheserate [Parkin et al., 1997].

Für eine effektive Regeneration zwischen zwei kurz aufeinanderfolgenden Belastungen sollte der Athlet so früh wie möglich nach der Anstrengung mit der KH-Aufnahme beginnen. Bei längeren Erholungsphasen (8-24h), hat die rasche KH-Supplementierung im Vergleich zu verzögerter Zufuhr keinen zusätzlichen Einfluss auf die Speicherrate [Burke et al., 2004].

Bei einer Erholungsdauer von mindestens 24h besteht für die Glykogensyntheserate kein Unterschied darin, ob die KH-Menge in Form von wenigen großen oder vielen kleinen Mahlzeiten aufgenommen wird. Als wesentlich gilt hier lediglich die aufgenommene Gesamtmenge an Kohlenhydraten [Burke et al., 1996].

Für die praktische Umsetzung spielt die Größe und Häufigkeit der aufzunehmenden kohlenhydratreichen Mahlzeiten eine größere Rolle. Athleten bevorzugen nach einer erschöpfenden Belastung kleine Mahlzeiten in kurzen Abständen sowie kohlenhydrathaltige Getränke [Burke et al., 1996].

Glykämischer Index der Kohlenhydrate

Kohlenhydrathaltige Lebensmittel unterscheiden sich durch ihren jeweiligen Einfluss auf den Blutzuckerspiegel. Der glykämische Index (GI) gibt an, wie stark ein kohlenhydrathaltiges Lebensmittel den Blutglucosespiegel ansteigen lässt.

Je höher der Wert ist, desto schneller steigt der Blutzuckerspiegel an. Glucose hat einen GI von 100 und gilt als Vergleichswert für andere Kohlenhydrate [Elmadfa und Leitzmann, 2004].

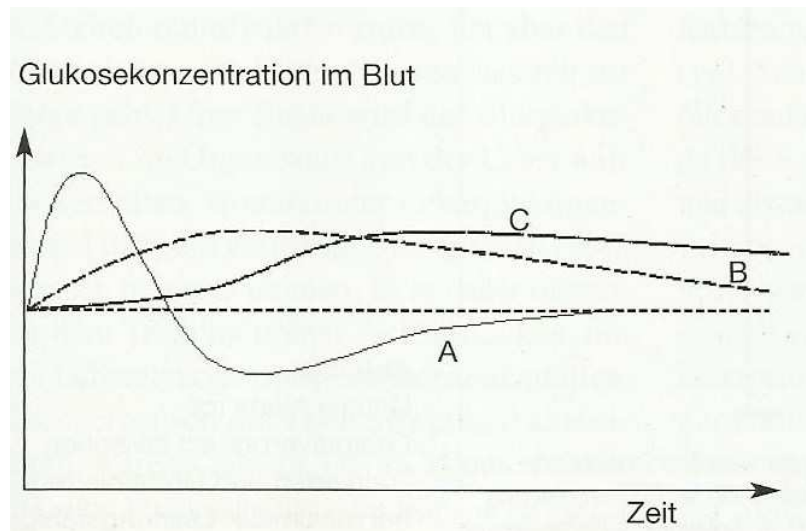


Abb. 5: Blutzuckerungsverlauf nach Zufuhr von Kohlenhydraten mit verschiedenem glykämischen Index [Friedrich, 2006].

In Abb. 5 ist der Einfluss verschiedener Kohlenhydrate auf den Blutzuckerspiegel auf einer Zeitachse aufgetragen. Verlauf A stellt die Veränderung des Blutzuckerspiegels nach Zufuhr eines Einfachzuckers (Glucose, hoher GI), Verlauf B nach Aufnahme von Mehrfachzucker (mittlerer GI) und Verlauf C nach Zufuhr von Kohlenhydraten mit niedrigem GI dar. Die unterbrochene Linie parallel zur Zeitachse deutet den Standardbereich des Blutzuckers an [Friedrich, 2006].

Die Absorption von Fructose (niedriger GI) aus dem Darm erfolgt langsamer als jene von Glucose (hoher GI). Bevor der Fruchtzucker im Skelettmuskel verstoffwechselt werden kann, muss er zunächst in Glucose umgewandelt werden [Jentjens und Jeukendrup, 2003].

Erste Vergleiche verschiedener KH-Quellen bezogen auf den glykämischen Index und deren Einfluss auf die Glykogensyntheserate nach Belastung wurden Anfang der 1990er Jahre durchgeführt. Burke et al. stellten höhere Glykogenspeicherraten nach der Aufnahme von KH mit hohem GI, verglichen mit der gleichen KH-Menge mit niedrigem GI, fest [Burke et al., 1993].

Die schlechtere Absorption vieler KH-Quellen mit niedrigem GI führt zu einer geringeren Muskelglykogenresyntheserate. Die tatsächlich verwertbare Menge von schwerverdaulichen KH-Formen wird daher häufig als zu hoch eingeschätzt [Burke et al., 2004].

2.5 Leistungsdiagnostik

2.5.1 Ergometrie

Das Messverfahren am Ergometer dient der Beurteilung der individuellen Ausdauerleistungsfähigkeit (maximal möglicher Energieumsatz zur ATP-Resynthese) [Haber, 2005].

Für den Leistungstest finden verschiedene Belastungsprotokolle Anwendung [Haber, 2005]:

- Einstufentest

Das Protokoll sieht eine konstante Belastung von 4-6 Minuten Dauer vor.

- Rampentest

Dieser Test besteht aus einer Belastung, die gleichmäßig und ohne Pause gesteigert wird. Die Steigerung der Belastung (W/min) ist manuell einstellbar.

- Stufenförmig ansteigende Belastung

Dabei sieht das Messprotokoll einen stufenförmigen Anstieg der Belastungsintensität vor. Bei der symptomlimitierten, maximalen Ergometrie erfolgt die Belastungssteigerung bis zur individuellen Ausbelastung. Das häufigste Abbruchkriterium ist dabei die Erschöpfung. Das Belastungsprotokoll dient der Bestimmung der maximalen Leistungsfähigkeit. Im Unterschied dazu wird der Test bei der submaximalen Ergometrie vor dem Erreichen der Maximalwerte planmäßig abgebrochen.

2.5.2 Spiroergometrie

Die Spiroergometrie setzt sich inhaltlich aus der Ergometrie und der Spirometrie zusammen. Mittels Spirometrie kann der respiratorische Gassstoffwechsel erfasst und die Atmung kontinuierlich aufgezeichnet werden [Hollmann und Strüder, 2009].

Die ersten Versuche, den menschlichen Gassstoffwechsel während körperlicher Arbeit zu messen, gehen auf Lavoisier und Seguin, 1789 zurück. Anfang des 20. Jahrhunderts entwickelte der schottische Physiologe Douglas ein Verfahren, um die Ausatemluft bei körperlicher Belastung in speziellen Gassäcken zu sammeln und anschließend zu analysieren (siehe Abb. 6). Diese Methode findet für ausgewählte Untersuchungen auch heute noch Anwendung [Hollmann et al., 2006].



Abb. 6: Gasstoffwechseluntersuchung während des Laufens unter Benützung des Douglas-Sacks [Herbst, 1928].

Die Spiroergometrie hat sich Mitte des 20. Jahrhunderts als Standardmethode für klinische Analysen etabliert. Bis 1954 wurden Fahrradergometer nur für Forschungs- und Trainingszwecke verwendet, jedoch nicht für klinische Untersuchungen [Hollmann und Strüder, 2009].

2.5.3 Leistungsdiagnostische Messwerte

Leistungsparameter:

Die gemessene Leistungsfähigkeit zum Zeitpunkt des Belastungsabbruchs beschreibt den maximalen aeroben Energieumsatz [Haber, 2005].

Maximale Wattleistung (W_{\max})

Die maximale Wattleistung wird im Augenblick des Messungsabbruchs bestimmt. Da beim stufenförmig ansteigenden Belastungsprotokoll die höchste Wattstufe im Allgemeinen nicht ausgefahren wird, muss die exakte maximale Wattleistung mit folgender Formel errechnet werden [Haber, 2005]:

$$W_{\max} = W_v + (T_{\text{letzt}} / T_v) \times \Delta \text{ St}$$

W_v : letzte Belastungsstufe, die über die volle vorgesehene Zeit getreten werden konnte

T_{letzt} : Zeitdauer auf der letzten Stufe, die nicht über die ganze geplante Zeit getreten werden konnte

T_v : festgelegte Zeitdauer der Belastungsstufen

$\Delta \text{ St}$: Differenz zwischen den Belastungsstufen

Maximale Sauerstoffaufnahme ($VO_{2\max}$)

Mittels Atemgasanalyse kann die Sauerstoffaufnahme und zum Zeitpunkt des symptomlimitierten Belastungsabbruchs auch die $VO_{2\max}$ bestimmt werden.

Die Aussage der $VO_{2\max}$ über die maximale Leistungsfähigkeit ist mit jener der maximalen Wattleistung vergleichbar [Haber, 2005].

Die $VO_{2\max}$ beschreibt die größte Sauerstoffmenge pro Minute, die bei dynamischer Arbeit unter Einsatz möglichst großer Muskelgruppen durch den gesamten Körper aufgenommen werden kann. Selbst eine zusätzliche Erhöhung der Belastungsintensität könnte den Wert nicht mehr erhöhen (Levelling-off-Phänomen) [Hollmann et al., 2006].

Unter der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme versteht man die maximale O_2 -Aufnahme pro kg Körpergewicht.

Im Durchschnitt erreichen Männer relative $VO_{2\max}$ -Werte um 35-40ml/min/kg. Spitzensportler im Ausdauerbereich können 80ml/min/kg überschreiten. Der altersbedingte Leistungsrückgang wird wesentlich vom aeroben Trainingszustand beeinflusst. Bei Untrainierten verringert sich die $VO_{2\max}$ pro Lebensjahrzehnt um etwa 8-10%. Bei Ausdauertrainierten ist dieser Effekt nur etwa halb so groß [Hollmann et al., 2006].

Ventilatorische Parameter:

Atemminutenvolumen ($V'E$)

Das Atemminutenvolumen gibt die Menge an Luft an, die in einer Minute ein- und wieder ausgeatmet wird. Es setzt sich aus der Atemfrequenz (AF, Anzahl der Atemzüge pro Minute) und dem Atemzugvolumen (AZV, Luftmenge, die pro Atemzug ein- bzw. ausgeatmet wird) zusammen.

$V'E = AF \times AZV$

Bei körperlicher Arbeit nimmt zunächst das Atemzugvolumen zu, wenige Sekunden später auch die Atemfrequenz. Das AZV geht im Grenzbereich der körperlichen Leistungsfähigkeit zugunsten einer weiteren Steigerung der Atemfrequenz zurück. Männer mit durchschnittlicher Leistungsfähigkeit erreichen Atemvolumina von 120-140 l/min. Die Maximalwerte für Spitzenathleten im Ausdauerbereich liegen bei 250 l/min. Ein Überschreiten der maximalen Atemfrequenz von 60/min gilt als untypisch [Hollmann et al., 2006].

Die Maximalwerte für das Atemminutenvolumen bei körperlicher Arbeit werden im Bereich der maximalen O_2 -Aufnahme erreicht [Hollmann und Strüder, 2009].

Atemäquivalent ($V'E/V'O_2$)

Der Quotient des Atemäquivalents dient als einer der wichtigsten Kriterien zur Beurteilung der individuellen Belastungssituation in der spiroergometrischen Untersuchung. Er gibt an, wie viel Luft eingeatmet werden muss, um einen Liter Sauerstoff im Körper verfügbar zu haben.

Das Atemäquivalent ist ein Indikator für die Wirksamkeit bzw. die Effektivität der Atmung. Ein Überschreiten des Quotienten von 30-35 (in Abhängigkeit von Trainingszustand, Alter, Geschlecht) deutet daraufhin, dass sich die Testperson bereits im Grenzbereich ihrer körperlichen Leistungsfähigkeit befindet. Im Vergleich zur Ruhephase führt ansteigende körperliche Belastung zum Absinken des Atemäquivalents. Die Atmung wird in diesem Belastungsbereich ökonomischer als in Körperruhe. Mit weiterer Steigerung der Belastungsintensität wird die Atmung durch

die zunehmende Geschwindigkeit unökonomischer und der Atemäquivalentwert wieder höher. Hoch ausdauertrainierte Sportler können Werte von 40-50 erreichen und überschreiten [Hollmann et al., 2006].

Hämodynamische Parameter:

Herzfrequenz (HF)

Die Messung der Herzfrequenz ermöglicht eine direkte Beobachtung des physiologischen Belastungsverlaufes [Haber, 2005].

Sie ist abhängig von Lebensalter, Geschlecht, Trainingszustand, Körpertemperatur, Umgebungstemperatur und vegetativen Faktoren. Für Erwachsene gelten in Ruhe Normalwerte von 60-80 Schlägen pro Minute [Hollmann et al., 2006].

Bei ergometrischen Belastungen steigt die Herzfrequenz stetig zur Belastungsintensität an. Der maximale Pulsschlag wird kurz vor der maximalen Sauerstoffaufnahme erreicht.

Der statistische Mittelwert für die kalkulierte maximale Herzfrequenz nimmt mit zunehmendem Alter ab [Haber, 2005]:

$$HF_{\max} = 220 - \text{Alter (Lebensjahre)}$$

Ausdauertraining macht sich durch eine geringere Ruhefrequenz und eine verminderte Anstiegsrate bei körperlicher Belastung bemerkbar.

Der Herzfrequenzanstieg erfolgt bei untrainierten Frauen schneller als bei Männern des gleichen Trainingszustands (siehe Abb. 7).

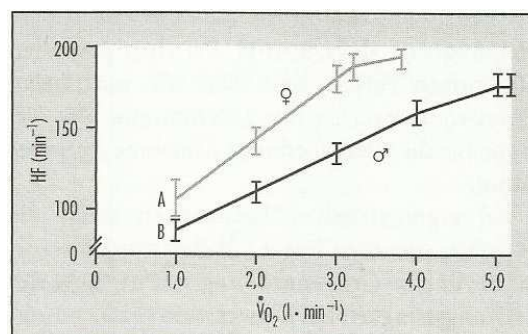


Abb. 7: Das Verhalten der Herzfrequenz von Männern und Frauen bei submaximaler und maximaler Arbeit [Hollmann et al., 2006].

Sauerstoffpuls (VO_2/HF)

Der Parameter errechnet sich aus dem Quotienten von O_2 -Aufnahme und Herzfrequenz in derselben Minute. Er bezeichnet die pro Herzschlag aufgenommene Sauerstoffmenge in Abhängigkeit von der Größe des Herzschlagvolumens, der Sauerstoffbindungskapazität des Blutes und der Sauerstoffutilisation des Gesamtorganismus.

Je größer der Sauerstoffpuls auf submaximalen Belastungsstufen ist, umso größer ist die noch vorhandene Leistungsreserve. Sowohl in Körperruhe als auch bei Belastungsanstieg erreicht der Quotient bei Ausdauertrainierten im Vergleich zu untrainierten Personen höhere Werte. Die Durchschnittswerte liegen in Ruhe bei 4-4,5ml und können bei Trainierten auf bis zu 22-30ml ansteigen. Im Grenzbereich der Leistungsfähigkeit flacht der kurvenförmige Anstieg des Sauerstoffpulses ab [Hollmann et al., 2006].

Metabolischer Parameter:

Respiratorischer Quotient (RQ)

Der RQ gibt das Verhältnis von ausgeatmeter CO_2 -Menge zu eingeatmeter O_2 -Menge an.

$\text{RQ} = \text{CO}_2\text{-Abgabe} / \text{O}_2\text{-Aufnahme}$
--

Die ausschließliche Verbrennung von Fett ergibt einen RQ von 0,7. Die alleinige Kohlenhydratutilisation ist an einem RQ von 1 erkennbar. In Körperruhe liegt der Quotient nach normaler Mischkost bei durchschnittlich 0,85 [Hollmann et al., 2006].

Ein Anstieg der Ergometerbelastung führt zu einer vermehrten CO_2 -Ausscheidung und damit auch zum Anstieg des respiratorischen Quotienten. Im individuellen Grenzbereich der körperlichen Leistungsfähigkeit werden nur noch Kohlenhydrate verbrannt und der RQ-Wert steigt auf 1 an. Bei weiterem Belastungsanstieg jenseits der anaeroben Schwelle wird durch die Bicarbonat-Pufferung in Verbindung mit der vermehrten Laktatbildung zusätzliches CO_2 gebildet. Dadurch ist bei Sportlern mit hoher anaerober Leistungsfähigkeit ein Anstieg des RQ über 1,15 möglich. Der

Quotient wird bei der Spiroergometrie als Ausbelastungskriterium und zur Beurteilung der Stoffwechselvorgänge während der Belastung herangezogen [Hollmann et al., 2006].

Bei der Durchführung spiroergometrischer Untersuchungen mit dem geplanten Endpunkt der maximalen Leistungsfähigkeit können folgende Kriterien für das tatsächliche Erreichen der Ausbelastung herangezogen werden [Hollmann et al, 2006]:

- Das Levelling-off Phänomen: erkennbar durch keinen weiteren Anstieg der O_2 -Aufnahme bei zusätzlicher Erhöhung der Belastungsintensität
- Überschreitung eines Atemäquivalentwertes von 30-35
- Ausbleiben eines weiteren Anstieges des Sauerstoffpulses

II. Experimenteller Teil

3 Probanden und Methoden

3.1 Beschreibung des Probandenkollektivs

Insgesamt 10 männliche Sportler standen für Spiroergometriemessungen zur Verfügung. Diese wurden in 2 Gruppen (5 Hobbysportler und 5 Leistungssportler) unterteilt. Die sportliche Aktivität im Ausdauerbereich liegt bei den Hobbysportlern im Durchschnitt bei 3-6h/Woche und bei den Leistungssportlern bei >7 Trainingsstunden/Woche.

Die Hauptaktivitäten der Leistungssportler sind Langstreckenlauf, Radfahren und Schwimmen. Die bevorzugten Sportarten der Teilnehmer der Hobbysportgruppe sind Fußball, Tennis, Radfahren und Laufen. Alle Probanden üben mehrere Sportarten aus und nehmen regelmäßig an diversen Wettkämpfen teil. Populärste Wettkämpfe der Leistungssportler sind Lauf- und Radveranstaltungen über Langdistanzen sowie Triathlonveranstaltungen (Schwimmen, Radfahren, Laufen).

Die Hobbysportler weisen ein gewöhnliches Mischkost-Ernährungsverhalten auf. Die Ernährungsweise der Leistungssportler wird als sehr bewusst eingestuft und ist im Vergleich zur üblichen Mischkost kohlenhydratreicher und fettärmer.

Die nachfolgende Tabelle (Tab. 1) stellt eine Übersicht über das gesamte Probandenkollektiv (Leistungs- und Hobbysportler) mit den Informationen Alter, Größe, Gewicht und Body-Mass-Index (BMI) dar.

Alle Sportler liegen im Idealgewichtsbereich mit einem BMI von 19-25.

Probanden- Identifikation	Alter (Jahre)	Größe (cm)	Gewicht (kg)	BMI (kg/m ²)
Leistungssportler				
1/GB	24	187	72,6	21
2/SH	27	177	71,7	23
3/WW	29	178	64,5	21
4/AM	31	177	64,7	21
5/SJ	25	176	65,1	21
Hobbysportler				
6/MH	26	180	73,2	23
7/NW	25	180	66,9	21
8/NA	26	180	75,6	23
9/CP	25	180	70,6	22
10/MK	26	182	72,3	22

Tab. 1: Einteilung des Probandenkollektives

3.1.1 Einteilungskriterien der Probanden

Zehn männliche, körperlich gesunde Sportler im Alter von 20-35 Jahren wurden vor Beginn der Studie nach ihrem individuellen wöchentlichen Trainingsaufwand, den ausübenden Sportarten sowie nach der Regelmäßigkeit ihrer Teilnahme an Wettkämpfen im Ausdauersportbereich zwei Gruppen zugeordnet.

Die fünf Leistungssportler praktizieren vorzugsweise Sportarten aus dem Ausdauersportbereich (Laufen, Radfahren, Schwimmen). Sie absolvieren mindestens 7h/Woche ausdauerwirksames Training und nehmen regelmäßig an Wettkämpfen aus dem extremen Ausdauerbelastungsbereich teil. Der Vorgang des Kohlenhydratladens (CL) ist den Leistungssportlern nicht unbekannt. Die Ernährungs- und Trainingsintervention in der unmittelbaren Vorwettkampfphase wird von ihnen mehrmals pro Wettkampfsaison durchgeführt.

Im Gegensatz dazu üben die fünf Hobbysportler hauptsächlich Sportarten aus dem Bereich der Sportsportarten (Fußball, Tennis) aus. Ihre Teilnahme an regelmäßigen

Wettkämpfen ist auf Tennis- und Fußballspiele in unteren Spielklassen beschränkt. Die Vorbereitung darauf erfolgt ohne spezielle Ernährungsmaßnahmen.

Der wöchentliche Trainingsaufwand der Hobbysportgruppe liegt zwischen 4-6h und ist mit weniger Aufwand im Ausdauerbelastungsbereich verbunden als bei den Leistungssportlern.

Grundsätzlich unterscheiden sich die beiden Gruppen durch den Professionalitätsgrad der Ausübung ihrer Sportarten. Das Training sowie die Wettkampfvorbereitung der Leistungssportler sind durch individuelle Trainings- und Ernährungspläne im Vergleich zu den Hobbysportlern strukturierter und professioneller gestaltet.

3.2 Durchführung

Nach der Rekrutierungsphase wurde den Sportlern im Zuge eines Informationsgesprächs der Ablauf der Spiroergometriemessungen und der Ernährungsintervention zwischen und unmittelbar vor den beiden Vergleichsmessungen erklärt. Zusätzlich erhielt jeder Proband nach der ersten Messung ein Informationsblatt über den weiteren Ablauf der Studienphase. Neben allgemeinen Informationen zum Thema Kohlenhydratlade erhielten die Probanden eine Zusammenstellung kohlenhydratarmer bzw. -reicher Lebensmittel, sowie einfach umsetzbarer Rezeptideen, um den Vorgang der Glykogenspeicherentleerung und anschließender Wiederauffüllung möglichst geplant durchführen zu können. Bei der Erstellung der Auflistung wurde versucht, relativ einfache, bekannte Gerichte mit möglichst geringem Zubereitungsaufwand auszuwählen (siehe Anhang).

Anhand zweier Vergleichsmessungen wurde der Einfluss des CL auf die Leistungsfähigkeit am Spiroergometer ermittelt. Die Leistungsfeststellungen erfolgten in einem Labor des Institutes für Ernährungswissenschaften der Universität Wien.

Jeder Proband absolvierte zwei Tests. Durch die erste symptomlimitierte, maximale Leistungsdiagnostik am Spiroergometer wurde der sogenannte Ist-Zustand der Sportler ermittelt. Die Messung diente der Ermittlung des individuellen Leistungsniveaus bei gewohntem Ernährungs- und Trainingsverhalten. Die dabei gewonnenen Leistungsparameter dienten als Vergleichswerte für die zweite Ausbelastungsmessung, welche eine Woche nach der ersten Messung eingeplant wurde (siehe Tab. 2). In der Woche zwischen den zwei Leistungsdiagnostiken galt es, den Glykogengehalt durch gezielte Ernährungs- und Trainingsintervention über den Ausgangswert zu steigern.

Vier Tage vor der zweiten Messung wurde durch die Kombination von intensivem Ausdauertraining (60 bis 90 Minuten Dauerlauf oder Radfahren) mit kohlenhydratarmer Kost versucht, die muskulären Glykogendepots zunächst zu entleeren. Die Reduktion des Trainingsumfangs auf maximal ein Drittel des Normalpensums in den darauffolgenden Tagen, in Verbindung mit kohlenhydratreicher Kost, sollte zum geplanten Anstieg der Glykogenspeicher führen.

Durch die zweite Vergleichsmessung galt es herauszufinden, ob durch den erwarteten erhöhten Glykogengehalt eine Verbesserung der ermittelten Leistungsparameter erzielt werden konnte.

Tag 0	1. Messung am Spiroergometer
Tag 1	gewohntes Ernährungs- und Bewegungsverhalten
Tag 2	gewohntes Ernährungs- und Bewegungsverhalten
Tag 3	Kohlenhydratspeicher entleeren
Tag 4	Kohlenhydratspeicher füllen
Tag 5	Kohlenhydratspeicher füllen
Tag 6	Kohlenhydratspeicher füllen
Tag 7	2. Messung am Spiroergometer

Tab. 2: Zeitplan-Übersicht

Zusammenfassend bedeutet das, dass jeder Teilnehmer jeweils eine Spiroergometer-Messung vor und nach dem Kohlenhydratladen absolvierte, um so einen möglichen Einfluss des Kohlenhydratladers auf die Leistungsfähigkeit am Spiroergometer herausfinden zu können.

Es gibt verschiedene Modelle des Kohlenhydratladers. Die Modelle unterscheiden sich unter anderem durch die Anzahl der Kohlenhydratspeicher-entleerenden bzw. -füllenden Tage. Neben dem klassischen Modell, welches 3 Tage Entleeren gefolgt von 3 Tagen Füllen der Glykogenspeicher vorsieht, haben sich seit den späten 1960er Jahren diverse Modellmodifikationen entwickelt.

Für diese Arbeit wurde die Variante „1 Tag Speicher-Leeren gefolgt von 3 Tagen Speicher-Füllen“ gewählt. Da der zeitliche Aufwand für die Probanden im Vergleich zu anderen Modellen deutlich geringer war, galt das Modell als adäquate Alternative.

Die unmittelbaren Tage vor dem Wettkampf gelten für Sportler als sehr sensible Phase. Veränderungen der Ernährungs- und Trainingsgewohnheiten können negativen Einfluss auf das Wettkampfergebnis nehmen [Haber, 2005].

Die geringere Belastung der für diese Diplomarbeit angepassten CL-Methode soll den Sportlern für zukünftige Wettkämpfe als gut umsetzbare Variante vorgestellt werden. Um das ideale Modell für den Einzelnen herauszufinden, müssten individuell verschiedene Alternativen ausprobiert werden.

Aufgrund des besseren Vergleiches der Leistungsfähigkeit vor und nach dem Kohlenhydratladen sowie des geringeren zeitlichen Aufwandes für die Athleten habe ich mich für ein einheitliches Modell für alle Probanden entschieden.

3.2.1 Spiroergometrische Messungen

Um standardisierte Messungen zur Ermittlung des Einflusses des Kohlenhydratladens auf die Leistungsfähigkeit der Sportler gewährleisten zu können, mussten folgende Punkte für beide Messungen berücksichtigt werden:

- Die letzte Nahrungsaufnahme erfolgte 3h vor der Messung.
- Das Körpergewicht der Probanden wurde zu Beginn der Leistungsdiagnostiken gewogen und deren Körpergröße abgemessen.
- Die Anzahl der Pedalumdrehungen pro Minute wurde mit 85 vereinbart.
- Lenkerausrichtung und Sattelhöhe sowie der Abstand zwischen Lenker und Sattel wurde vom Probanden selbständig so gewählt, dass eine ideale Kraftübertragung gewährleistet werden konnte. Die individuell optimale Position wurde bei der 1. Messung notiert, um für die 2. Messung gleiche Messungsbedingungen sicherstellen zu können.
- Je nach Vorliebe konnten die Sportler mit den klassischen Standardpedalen des Spiroergometers und Sportschuhen bzw. mit speziellen Radpedalen und passenden Radschuhen das Belastungsprotokoll absolvieren. Die gewählte Pedal-Schuh Kombination wurde für beide Messungen beibehalten.
- Die richtige Atemmaske musste möglichst luftdicht anliegen, um eine unverfälschte Gasanalyse bei den Messungen zu gewährleisten.
- Die Ermittlung der Herzfrequenz erfolgte mit einem Brustgurt, welcher möglichst straff auf Höhe des Brustbeins angebracht wurde.
- Als Testprotokoll wurde ein Standardprotokoll (50W/3min) gewählt. Jede Belastungsstufe hatte eine Dauer von 3 Minuten und wurde jeweils um 50 Watt progressiv gesteigert.

- Nach einer dreiminütigen Aufwärmphase mit 5 Watt Leistung begann das Testprotokoll mit der ersten Stufe auf 50 Watt. Der Anstieg der Belastungsstufen erfolgte solange, bis die subjektive Ausbelastung des Sportlers erreicht wurde und der Belastungstest infolgedessen abgebrochen wurde. Nach dem Erreichen der subjektiven, maximalen Leistungsfähigkeit absolvierten die Probanden eine dreiminütige Erholungsphase mit einem Widerstand von 70 Watt.

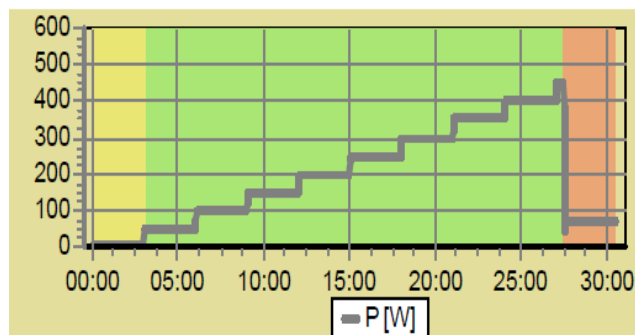


Abb. 8: Testprotokoll der Spiroergometrie-Messungen (50W/3 Min)

Durch den Anschluss eines Computers an den Spiroergometer und der Verwendung einer speziellen Software war eine Aufzeichnung der relevanten Parameter während des Leistungstests möglich. Die Daten konnten sowohl tabellarisch als auch graphisch während und nach der Belastung betrachtet werden.



Abb. 9: Symptomlimitierte, maximale Spiroergometrie mit stufenförmig ansteigendem Testprotokoll bei einer Belastung von 400 Watt

Vor jedem Messtag erfolgte eine Druck-, Volumen- und Gaskalibrierung. Die Luftdruckkalibrierung wurde mit einem digitalen Referenzmessgerät (Barometer) durchgeführt. Bei der Gaskalibration erfolgte die Ermittlung der O₂- und CO₂-Kalibrierwerte mit Hilfe eines Standard-Gasgemisches. Die Volumenkalibrierung schloss die Kalibrationsreihe ab. Dies geschah durch die Ausführung konstanter Pumpzyklen mit einer manuellen Volumenkalibrierpumpe.

Die gemessenen Druck-, Gas- und Volumenwerte wurden in die Software übertragen und bis zur nächsten Kalibration gespeichert. Als Nachweis der ordnungsgemäßen Durchführung der Kalibration dient ein Ausdruck des Kalibrationsreport (siehe Anhang).

3.2.2 Superkompensation der Glykogenspeicher

In den Tagen 1 und 2 nach dem ersten Belastungstest galt es für die Probanden, keine spezielle Ernährungs- und Trainingsmaßnahmen einzuhalten. Die gewöhnlichen Tagesabläufe hinsichtlich Nahrungsaufnahme und Bewegung sollten für beide Tage beibehalten werden.

Die muskulären Glykogenspeicher wurden vier Tage vor der zweiten Messung durch intensive Ausdauerbelastung (60 bis 90 Minuten Dauerlauf oder Radfahren) in Verbindung mit kohlenhydratarmer Kost entleert. Im Anschluss daran sollte bis zur zweiten Messung durch die Kombination von geringem Trainingsaufwand (ein Drittel des normalen Umfangs) mit kohlenhydratreicher Kost eine Superkompensation der Kohlenhydratspeicher erzielt werden. Der Muskelglykogengehalt sollte dadurch gegenüber dem Ausgangswert gesteigert werden.

Als Richtwert für die kohlenhydratreichen Tage galt es, mindestens die Aufnahme von 7-8g KH/kg KG/Tag zu erreichen.

Dabei orientierten sich die Probanden an den Angaben des Informationsblattes, welches nach der ersten Leistungsmessung an sie ausgehändigt wurde.

Im Speziellen war die Gruppe der Leistungssportler, für die der Ablauf des Kohlenhydratladens vor Wettkämpfen bereits bekannt war, mit der Einteilung bestimmter Lebensmittelgruppen in kohlenhydratarme und -reiche Produkte vertraut.

Jeder Teilnehmer wurde aufgefordert, für die Dauer der dreitägigen Glykogenspeicher-Auffüllphase ein Ernährungstagebuch zu führen. Mit der Information über Art und Menge der kohlenhydratreichen Lebensmittel konnte die täglich aufgenommene Kohlenhydratmenge berechnet werden.

3.3 Testauswertung

3.3.1 Arbeitshypothesen

Aufgrund des aktuellen Forschungsstandpunktes und meiner persönlichen Erfahrungswerte, die ich mit Ausdauerleistungssportlern in der unmittelbaren Vorwettkampfphase gemacht habe, galt es für mich, folgende Arbeitshypothesen auf deren Richtigkeit zu untersuchen:

Hypothese 1:

Durch den Vorgang des Kohlenhydratladens (Entleerung und anschließender Superkompensation der Kohlenhydratspeicher) wird eine Steigerung der Leistungsfähigkeit bei Leistungs- und Hobbysportlern angenommen.

Hypothese 2:

Die Glykogenkonzentration bei Leistungssportlern ist durch bewusste, kohlenhydratreiche Ernährung per se schon sehr hoch. Der Einfluss des Kohlenhydratladens könnte bei ihnen im Vergleich zu Hobbysportlern geringer sein. Dadurch wird bei Hobbysportlern ein größerer Anstieg der Leistungsfähigkeit erwartet.

3.3.2 Auswertung der Ernährungsprotokolle

Die Auswertung des Ernährungstagebuchs erfolgte mit diversen Lebensmittelnährwertdatenbanken bzw. direkt mit Hilfe der Nährwertkennzeichnung des Produktes, um dadurch auf die täglich aufgenommene Kohlenhydratmenge schließen zu können.

Die Nährwertdatenbanken des United States Department of Agriculture (USDA) und des Bundeslebensmittelschlüssels (BLS) dienten dabei als Grundlage für die Berechnung.

Die nachfolgende Tabelle stellt eine Zusammenfassung der KH-Aufnahme an den drei kohlenhydratreichen Tagen dar. Eine detailliertere Auflistung der aufgenommenen kohlenhydrathaltigen Nahrungsmittel ist im Anhang dargestellt.

Proband	Gewicht (kg)	Empfehlung für tägliche KH-Aufnahme (g) (7-8g KH/kg KG/Tag)	Aufgenommene KH- Menge (g)		
			1.Tag	2.Tag	3.Tag
1-GB	72,6	508-581	557	558	583
2-SH	71,7	502-574	529	512	563
3-WW	64,5	452-516	504	487	514
4-AM	64,7	453-518	576	527	577
5-SJ	65,1	456-521	537	539	511
6-MH	73,2	512-586	590	658	623
7-NW	66,9	468-535	534	575	523
8-NA	75,6	529-605	552	540	610
9-CP	70,6	494-565	528	558	638
10-MK	72,3	506-578	546	573	559

Tab. 3: Aufgenommene KH-Menge während der dreitägigen Speicher-Auffüllphase

Die vorgegebene KH-Menge wurde bei allen 10 Probanden erreicht. Die Auswertung lässt auf die Einhaltung der vorgegebenen Kohlenhydratzufuhr schließen.

1g Glykogen wird im Gewebe mit 3 bis 5g Wasser gebunden und kann in Folge einer mehrtägigen kohlenhydratreichen Diät zu einer Zunahme der Körpermasse von 2-3% führen [Hawley et al., 1997b].

Die Umstellung von einer protein- und fettreichen Diät auf eine kohlenhydratreiche Ernährung kann zu einer Körpergewichtszunahme bis zu 1 kg führen [Haber, 2005].

Der Einfluss des Kohlenhydratladens auf das Körpergewicht der Probanden ist in Tab. 4 dargestellt. Die mittlere Differenz zwischen dem Körpergewicht vor der ersten Messung und jenem vor der zweiten Messung beträgt 0,2kg. Die im Mittel relativ geringe Zunahme von 0,2kg (die Schwankungsbreite reicht von -0,7kg bis +1,2kg) lässt auf bereits gut gefüllte KH-Speicher vor der Ernährungsintervention schließen.

Proband	Gewicht 1. Messung (kg)	Gewicht 2. Messung (kg)	Differenz (kg)
1-GB	72,6	73,3	+0,7
2-SH	71,7	72	+0,3
3-WW	64,5	65,7	+1,2
4-AM	64,7	65	+0,3
5-SJ	65,1	65,1	+/-0
6-MH	73,2	73,1	-0,1
7-NW	66,9	66,5	-0,4
8-NA	75,6	74,9	-0,7
9-CP	70,6	70,5	-0,1
10-MK	72,3	73	+0,7
Mittelwert	69,7	69,9	+0,2

Tab. 4: Einfluss des Kohlenhydratladens auf das Körpergewicht der Probanden

Für die Hobbysportler waren die Abläufe der Ernährungsintervention unbekannt. Die körperliche und seelische Beanspruchung des KH-armen Tages in Kombination mit 1,5 Stunden intensivem Ausdauertraining war für sie unerwarteter als für die Gruppe der Leistungssportler. Die Probanden fühlten sich am KH-armen Tag eher matt und geschwächt.

An den KH-reichen Tagen hatten manche Probanden im Vorfeld durch ihre zeitliche Inflexibilität (Vollzeitanstellung) erwartet, dass sie Schwierigkeiten haben könnten, die Vorgaben der aufzunehmenden KH-Menge zu erreichen.

Mit Hilfe des Informationsblattes und der individuell gezielten Aufteilung der KH-Menge über den gesamten Tag konnte die geplante Wiederauffüllung der KH-Speicher erreicht werden. Das Wohlbefinden während der KH-reichen Tage war allgemein deutlich besser als am KH-armen Tag.

Keiner der Probanden klagte über gastrointestinale Störungen für die Dauer der Ernährungsintervention. Alle Teilnehmer konnten die Studienphase wie geplant ohne vorzeitigen Abbruch abschließen.

3.3.3 Statistische Auswertung

Die Auswertung der ermittelten Messdaten erfolgte mit der Statistik Software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) 17.0.

Die Untersuchungsergebnisse wurden mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests auf Normalverteilung geprüft. Die Mittelwertvergleiche der normalverteilten Variablen konnten mit dem t-Test für abhängige Stichproben durchgeführt werden.

War die Normalverteilung nicht gegeben, erfolgte die Signifikanzprüfung mit Hilfe des Wilcoxon Tests.

Die statistische Analyse auf signifikant unterschiedliche Effekte durch das Kohlenhydratladen auf die Messdaten der Hobbysportgruppe und der Leistungssportgruppe erfolgte bei gegebener Normalverteilung mit Hilfe des t-Tests für unabhängige Stichproben.

Eine Auflistung der Untersuchungsparameter, die für die statistische Auswertung herangezogen wurden, ist in Tab. 4 dargestellt. Die Parameter wurden den 4 Kategorien Leistungsparameter, Ventilatorische Parameter, Hämodynamische Parameter und Metabolischer Parameter zugeordnet.

Leistungsparameter	Ventilatorische Parameter	Hämodynamische Parameter	Metabolischer Parameter
P [W]	V'E [l/min]	HF [1/min]	RQ
VO ₂ [l/min]	V'E/V'O ₂	VO ₂ /HF [ml]	
VO ₂ [ml/min/kg]			

P...Wattleistung;

V'E/V'O₂...Atemäquivalent;

VO₂...absolute Sauerstoffaufnahme;

HF...Herzfrequenz;

VO₂...relative Sauerstoffaufnahme;

VO₂/HF...Sauerstoffpuls;

V'E...Atemminutenvolumen;

RQ...Respiratorischer Quotient

Tab. 5: Auflistung der Untersuchungsparameter für die statistische Auswertung

Die statistische Analyse für den Vergleich der Messwerte von Zeitpunkt 1 (vor dem CL) und Zeitpunkt 2 (nach dem CL) wurde für die oben beschriebenen Untersuchungsparameter auf den letzten 3 Stufen, die alle 10 Probanden über die vorgesehene volle Dauer (3 Minuten) ausgefahren sind, durchgeführt.

Zusätzlich zu diesen 3 Leistungsstufen im submaximalen Belastungsbereich (150W, 200W, 250W) wurden die erreichten Maximalwerte auf signifikante Unterschiede geprüft.

Die statistische Auswertung auf signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen der Hobbysportler und Leistungssportler wurde ebenfalls für den Submaximalbereich (150W, 200W, 250W) und für die gemessenen Maximalwerte der Belastungstests durchgeführt.

4 Ergebnisse und Diskussion

In Abb. 9 ist ein Standardprotokoll einer Spiroergometrie-Belastungsmessung dargestellt. Weitere Graphiken der Messparameter sind im Anhang dargestellt.

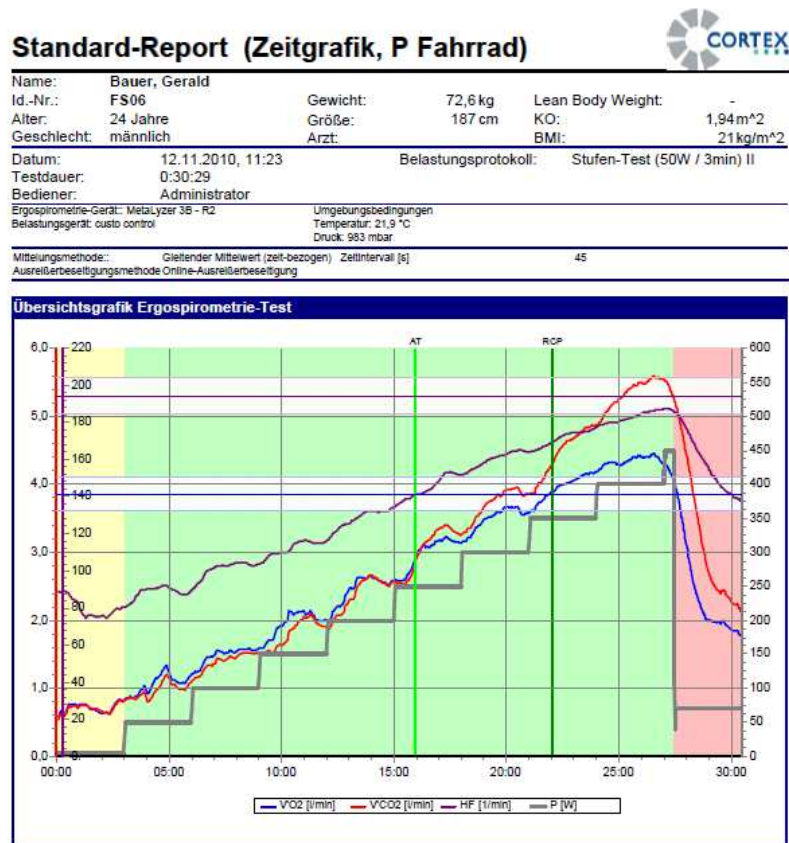


Abb. 10: Standardprotokoll einer Spiroergometrie-Belastungsmessung

Für jede Belastungsstufe (Dauer: 3 Minuten) zeichnete das Spiroergometrie-Computerprogramm im Abstand von 30 Sekunden insgesamt 6 Werte für jeden Untersuchungsparameter auf (siehe Anhang). Aus den 6 Werten wurde für die statistische Analyse der arithmetische Mittelwert berechnet.

In Tab. 6 sind die berechneten Mittelwerte der Messparameter beider Spiroergometrie-Leistungstests für die Belastungsstufen 150W, 200W, 250W und die erzielten Maximalwerte der Probanden tabellarisch dargestellt.

Proband	Stufe	P [W]		VO ₂ [l/min]		VO ₂ [ml/min/kg]		V'E [l/min]		V'E/V'O ₂		HF [1/min]		VO ₂ /HF [ml]		RQ	
		(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
	Leistungssportler																
1-GB	150	150		1,95	2,02	27	28	39,8	40,8	19,6	19,5	112	110	17,4	18,3	0,92	0,88
	200	200		2,45	2,51	34	34	49,9	50,2	19,7	19,3	128	123	19,1	20,4	0,98	0,91
	250	250		2,98	2,99	41	41	62,1	63,1	20,2	20,4	145	139	20,6	21,5	1,02	0,97
	MAX	408	408	4,37	4,64	60	63	135,7	146,9	30,3	30,9	182	183	24,0	25,3	1,24	1,19
2-SH	150	150		2,07	1,94	29	27	42,5	39,3	19,9	19,7	105	97	19,7	20,1	0,93	0,94
	200	200		2,61	2,53	36	35	56,2	51,1	20,9	19,7	122	114	21,3	22,2	0,98	0,96
	250	250		3,07	3,02	43	43	68,1	62,5	21,6	19,7	138	132	22,3	23,4	1,02	1,00
	MAX	391	385	4,18	4,41	58	61	145,5	153,0	34,0	33,9	181	182	23,1	24,2	1,26	1,26
3-WW	150	150		1,90	1,93	29	30	46,5	40,9	23,6	20,4	118	112	16,1	17,3	0,96	0,87
	200	200		2,38	2,42	36	37	58,4	50,5	23,6	20,2	136	128	17,6	18,9	0,97	0,91
	250	250		2,92	3,07	44	47	73,0	74,0	24,3	23,4	156	151	18,7	20,3	1,00	0,98
	MAX	381	385	4,00	4,39	61	67	149,1	165,7	36,4	36,9	196	198	20,4	22,2	1,25	1,20
4-AM	150	150		2,15	1,94	33	30	47,7	47,7	21,2	23,6	136	132	15,8	14,7	0,86	0,95
	200	200		2,69	2,45	42	38	61,7	58,2	22,1	22,9	152	146	17,7	16,8	0,90	0,96
	250	250		3,11	3,10	51	48	81,6	74,2	24,1	23,2	167	162	19,6	19,1	0,97	1,00
	MAX	326	354	3,89	4,12	60	63	125	156,6	31,3	37,1	184	190	21,1	21,7	1,15	1,28
5-SJ	150	150		1,93	1,95	30	30	39,1	38,6	19,6	18,9	136	128	14,2	15,2	0,92	0,89
	200	200		2,41	2,50	37	38	49,0	47,3	19,7	18,5	152	151	15,8	16,6	0,97	0,92
	250	250		2,88	3,02	44	46	60,5	66,3	20,4	21,2	168	164	17,1	18,5	1,02	1,02
	MAX	318	326	3,66	3,88	56	60	104,4	108,8	27,8	27,3	182	183	20,1	21,2	1,19	1,18
	Hobbysportler																
6-MH	150	150		1,97	1,86	27	25	41,6	40,9	20,4	21,2	126	115	15,6	16,2	0,87	0,91
	200	200		2,52	2,41	34	33	54,0	51,8	20,7	20,8	142	134	17,7	18,0	0,92	0,91
	250	250		3,15	2,84	43	41	71,8	68,8	22,1	22,1	158	148	19,9	20,3	0,96	0,97
	MAX	368	402	4,09	4,37	56	60	138,5	163,6	33,0	36,6	181	186	22,6	23,5	1,17	1,25
7-NW	150	150		1,91	1,92	29	29	37,7	39,9	19,2	20,5	135	136	14,2	14,0	0,92	0,94
	200	200		2,42	2,34	36	35	50,4	48,5	20,2	20,4	155	155	15,6	15,1	1,00	0,98
	250	250		2,89	2,85	43	43	62,3	62,1	21,0	21,0	172	173	16,9	16,5	1,05	1,06
	MAX	305	328	3,55	3,61	53	54	90,7	95,1	24,7	25,5	186	190	19,1	19,0	1,18	1,23

8-NA	150	150	1,91	2,05	26	27	39,5	42,0	20,0	20,0	121	115	15,8	17,8	0,94	0,93	
	200	200	2,37	2,55	31	34	52,5	55,1	21,5	21,1	140	137	16,9	18,6	1,00	0,97	
	250	250	2,72	2,98	38	40	67,3	66,7	22,6	22,3	156	156	18,5	19,1	1,05	1,00	
	MAX	302	309	3,56	3,84	47	51	108,2	121,7	29,6	30,9	185	189	19,2	20,3	1,24	1,21
9-CP	150	150	1,95	2,07	28	29	41,7	44,3	20,7	20,7	137	126	14,3	16,4	0,97	0,98	
	200	200	2,46	2,53	35	36	55,3	58,8	21,7	22,4	154	146	16,0	17,2	1,03	1,04	
	250	250	3,01	3,08	43	44	78,3	76,5	25,1	24,0	169	161	17,8	19,1	1,12	1,09	
	MAX	302	306	3,65	3,80	52	54	114,5	111,5	30,5	28,5	182	176	20,0	21,6	1,22	1,19
10-MK	150	150	2,09	2,05	29	28	42,1	44,6	19,5	21,0	127	128	16,4	16,0	0,97	1,00	
	200	200	2,61	2,66	36	36	57,2	62,8	21,2	22,9	147	149	17,7	17,8	1,05	1,04	
	250	250	3,16	3,17	44	44	80,4	82,6	24,7	25,3	166	165	18,9	19,2	1,13	1,10	
	MAX	257	271	3,49	3,50	48	48	103,9	103,0	29,0	28,6	175	174	20,0	20,1	1,18	1,16

(1)...Messwerte der 1. Messung

(2)...Messwerte der 2. Messung

Tab. 6: Darstellung der Mittelwerte für ausgewählte Parameter auf den Belastungsstufen 150W, 200W, 250W und der gemessenen Maximalwerte der Probanden

4.1 Analyse des Kohlenhydratladen-Einflusses auf die Leistungsfähigkeit des gesamten Probandenkollektives

Die folgenden graphischen Darstellungen vergleichen die Mittelwerte der ersten (blauer Graph) und zweiten (roter Graph) Spiroergometrie-Messung des gesamten Probandenkollektives im submaximalen Bereich (150 Watt, 200 Watt, 250 Watt) miteinander. Das gesamte Probandenkollektiv setzt sich aus den beiden Gruppen Leistungssportler (LS) und Hobbysportler (HS) zusammen.

Die relative Differenz (D%) zwischen den Messungen ist sowohl tabellarisch als auch graphisch hervorgehoben. Für die graphisch dargestellten Parameter besteht ein signifikanter Unterschied zwischen der ersten und zweiten Belastungsmessung.

Gruppe		VO ₂ [l/min]		VO ₂ [ml/min/kg]		V'E [l/min]		V'E/V'O ₂		HF [1/min]		VO ₂ /HF [ml]		RQ	
		(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Gesamt		2,49	2,49	35,89	35,79	55,59	55,00	21,36	21,20	142,43	137,73	17,50	18,15	0,98	0,97
SubMAX	D %	+0,16		-0,28		-1,06		-0,76		-3,3		+3,69		-1,15	

Tab. 7: Vergleich der beiden Belastungsmessungen für das gesamte Probandenkollektiv im submaximalen Bereich

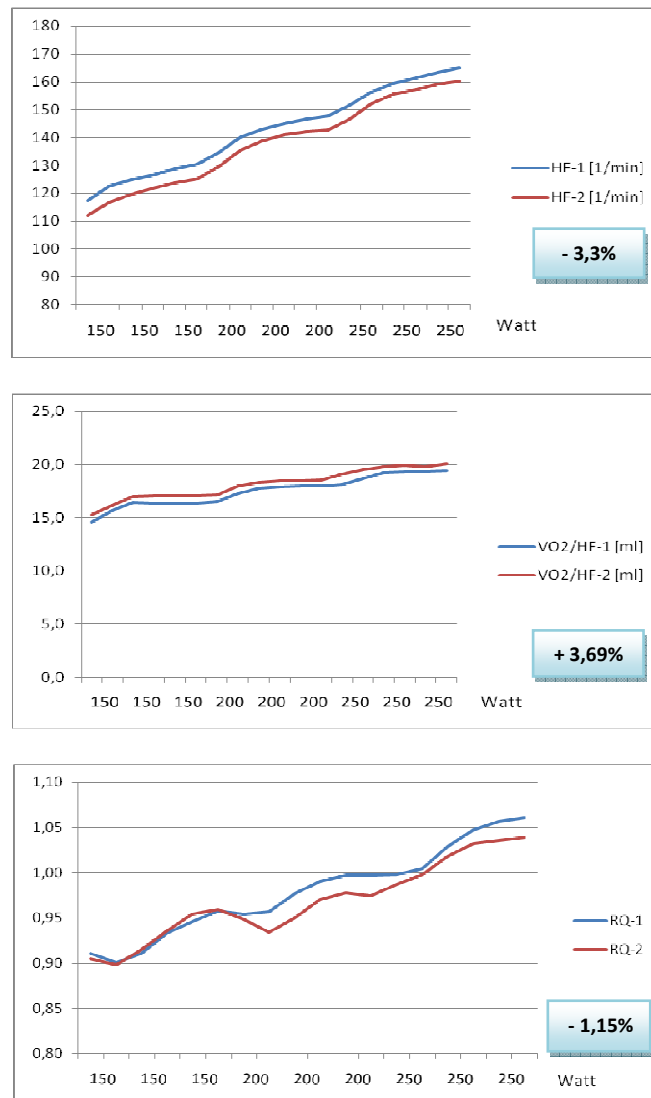


Abb. 11: Vergleich der beiden Belastungsmessungen für das gesamte Probandenkollektiv im submaximalen Bereich

Statistisch abgesichert ($p \leq 0,05$) sind die Verminderung der Herzfrequenz (-3,3%) und des respiratorischen Quotienten (-1,15%) sowie die Steigerung des Sauerstoffpulses (+3,69%).

Die folgende tabellarische Darstellung vergleicht die mittleren Maximalwerte der ersten und zweiten Spiroergometrie-Messung des gesamten Probandenkollektives.

Gruppe		P [W]		VO ₂ [l/min]		VO ₂ [ml/min/kg]		V'E [l/min]		V'E/V'O ₂		HF [1/min]		VO ₂ /HF [ml]		RQ	
		(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Gesamt		335,8	347,4	3,84	4,06	55,10	58,10	121,55	132,59	30,66	31,62	183,4	185,1	20,96	21,91	1,21	1,22
MAX	D %	+3,45		+5,52		+5,44		+9,08		+3,13		+0,93		+4,53		+0,58	

Tab. 8: Vergleich der beiden Belastungsmessungen für das gesamte Probandenkollektiv im maximalen Bereich

Statistisch abgesichert ($p \leq 0,05$) sind die Steigerungen der maximalen Wattleistung (+3,3%), der absoluten und relativen maximalen Sauerstoffaufnahme (+5,52% bzw. 5,44%) sowie die Erhöhung der maximalen Herzfrequenz (+0,93%).

4.2 Analyse des Kohlenhydratladen-Einflusses auf die Leistungsfähigkeit für die Gruppen Leistungssportler und Hobbysportler

Die statistische Auswertung auf signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen Hobbysportler und Leistungssportler wurde für den Submaximalbereich (150W, 200W, 250W) sowie für die gemessenen Maximalwerte der Belastungstests durchgeführt.

Die folgenden graphischen Darstellungen vergleichen zunächst den mittleren Effekt des Kohlenhydratladens für Leistungssportler (LS) mit jenem für Hobbysportler (HS) im submaximalen Belastungsbereich (150W, 200W, 250W).

Für die in der Tabelle farblich hervorgehobenen und graphisch dargestellten Parameter Atemminutenvolumen (V'E), Atemäquivalent (V'E/V'O₂), Herzfrequenz (HF) und Sauerstoffpuls (VO₂/HF) ist der unterschiedliche Effekt des Kohlenhydratladens bei submaximaler Leistung statistisch abgesichert ($p \leq 0,05$).

Gruppe		VO ₂ [l/min]		VO ₂ [ml/min/kg]		V'E [l/min]		V'E/V'O ₂		HF [1/min]		VO ₂ /HF [ml]		RQ	
		(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
LS	MW	2,50	2,49	36,99	36,67	55,72	53,64	21,35	20,70	137,91	132,58	18,19	18,88	0,96	0,94
SubMAX	D%	-0,27		-0,87		-3,74		-3,08		-3,87		+3,76		-1,83	
HS	MW	2,47	2,49	34,79	34,91	55,45	56,36	21,37	21,70	146,96	142,88	16,81	17,42	1,00	0,99
SubMAX	D%	+0,59		+0,35		+1,64		+1,56		-2,77		+3,62		-0,49	

Tab. 9: Vergleich der beiden Belastungsmessungen für die Gruppen Leistungssportler und Hobbysportler im submaximalen Bereich

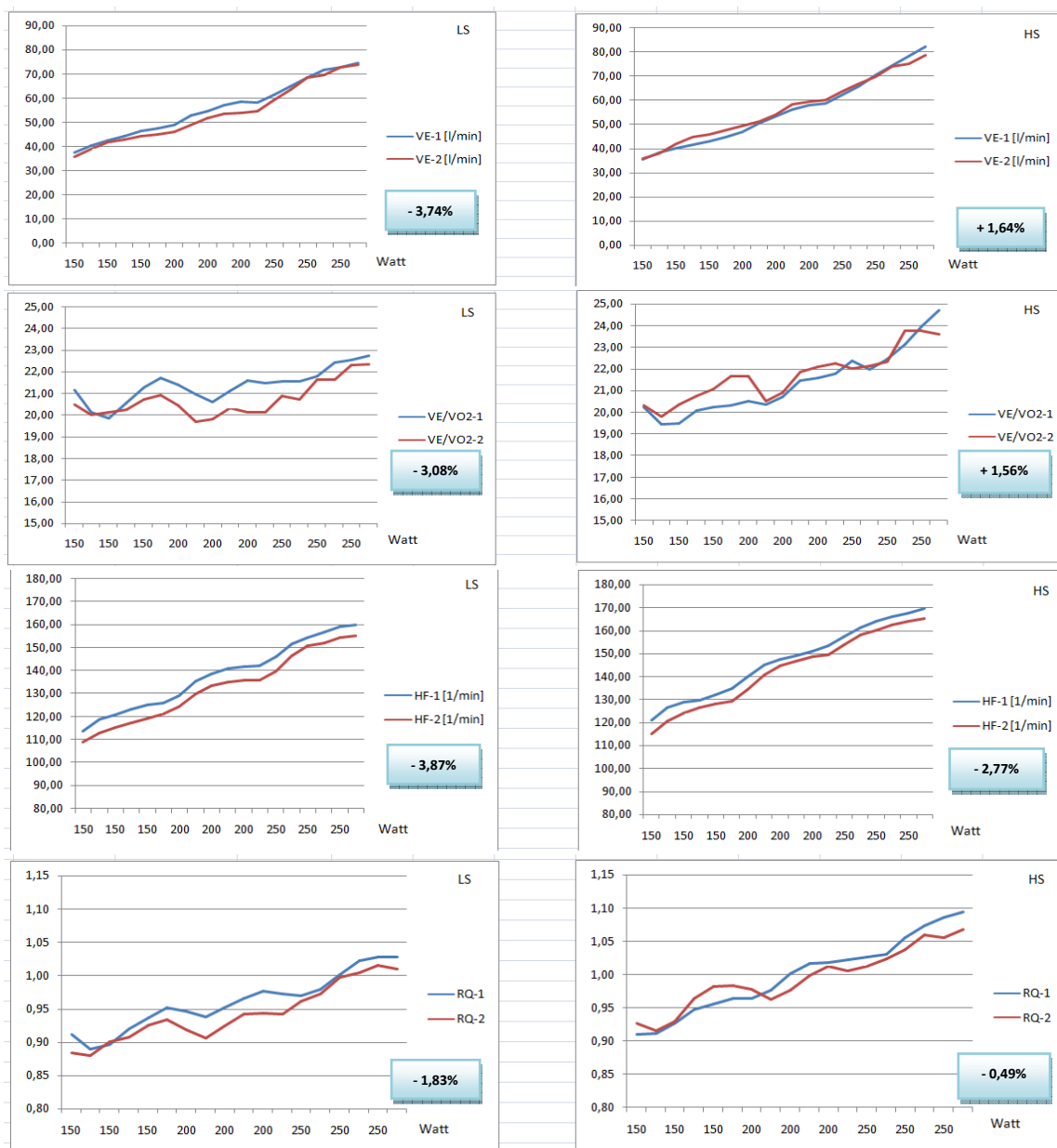


Abb. 12: Vergleich der beiden Belastungsmessungen für die Gruppen Leistungssportler (linke Graphiken) und Hobbysportler (rechte Graphiken) im submaximalen Bereich

In der angeführten Tabelle (Tab. 10) sind die mittleren gemessenen Maximalwerte aufgeteilt nach den Gruppen dargestellt.

		P [W]		VO ₂ [l/min]		VO ₂ [ml/min/kg]		V'E [l/min]		V'E/V'O ₂		HF [1/min]		VO ₂ /HF [ml]		RQ	
		(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
LS	MW	364,8	371,6	4,02	4,29	59,0	62,8	131,94	146,2	31,96	33,22	185	187,2	21,74	22,92	1,22	1,22
MAX	D%	+1,86		+6,67		+6,44		+10,81		+3,94		+1,19		+5,43		+0,33	
HS	MW	306,8	323,2	3,67	3,82	51,2	53,4	111,16	118,98	29,36	30,02	181,8	183	20,18	20,9	1,20	1,21
MAX	D%	+5,35		+4,25		+4,30		+7,03		+2,25		+0,66		+3,57		+0,83	

Tab. 10: Vergleich der beiden Belastungsmessungen für die Gruppen Leistungssportler und Hobbysportler im maximalen Bereich

Die unterschiedlichen Auswirkungen durch die Trainings- und Ernährungsintervention des Kohlenhydratladens auf die dargestellten Parameter der Hobby- und Leistungssportler sind nicht statistisch abgesichert ($p > 0,05$).

Die Zunahme der maximal erreichten Wattleistung ist mit +5,35% um fast 3,5% höher als die der Leistungssportler (+1,86%). Jedoch gilt auch dieser Unterschied, wie oben beschrieben, als statistisch nicht signifikant.

4.3 Zusammenfassung der Testergebnisse

In der nachfolgenden Tabelle ist der relative Einfluss des Kohlenhydratladens für die gesamte Probandenanzahl und getrennt für die beiden Leistungsgruppen zusammengefasst. Für jene Parameter, die farblich gekennzeichnet sind, hat die Intervention einen statistisch abgesicherten Einfluss dargestellt ($p \leq 0,05$).

Rot markierte Felder stellen eine signifikante Erhöhung der gemessenen Werte durch das Kohlenhydratladen dar. Grün markierte Felder verdeutlichen eine Erniedrigung und blaue Felder weisen auf signifikante Unterschiede zwischen Hobby- und Leistungssportlern für die angeführten Parameter hin.

	P [%]	VO ₂ [%]	VO ₂ [%]	V'E [%]	V'E/V'O ₂ [%]	HF [%]	VO ₂ /HF [%]	RQ [%]
Gesamt SubMAX		+0,16	-0,28	-1,06	-0,76	-3,3%	+3,69%	-1,15%
Gesamt MAX	+3,45%	+5,52%	+5,44%	+9,08%	+3,13%	+0,93%	+4,53%	+0,58%
LS/HS SubMAX		-0,27/+0,59	-0,87/+0,35	-3,74/+1,64	-3,08/+1,56	-3,87/-2,77	+3,76/+3,62	-1,83/-0,49
LS/HS MAX	+1,86/+5,35	+6,67/4,25	+6,44/+4,3	+10,81/+7,03	+3,94/+2,25	+1,19/+0,66	+5,43/+3,57	+0,33/+0,83

Gesamt...gesamtes Probandenkollektiv

LS/HS...Vergleich von Leistungssportlern und Hobbysportlern

SubMAX...submaximaler Belastungsbereich (150W, 200W, 250W)

MAX...maximaler Belastungsbereich

Tab. 11: Zusammenfassung der Testergebnisse

4.4 Diskussion der Testergebnisse

In Hinblick auf die Diskussion der Testergebnisse der zweiten Belastungsmessung nach dem Kohlenhydratladen im Vergleich zur ersten Leistungsfeststellung der Teilnehmer sollten folgende Aspekte berücksichtigt werden:

Der Ablauf des Belastungsprotokolls war beim zweiten Termin bereits bekannt. Ein gewisser psychologischer Vorteil im Gegensatz zur ersten Messung, welche für die Probanden unbekannt war, ist denkbar. Die Erfahrungen über die Belastungssteigerung, die individuelle Einschätzung der zu erwarteten körperlichen Erschöpfung und die bessere Einschätzung des Ablaufs können zu einem gewissen Grad Einfluss auf die Vergleichsmessung genommen haben.

Für Hobbysportler könnte die erfahrene Maximalbelastung der ersten Messung einen größeren Einfluss auf die zweite Messung genommen haben. Leistungssportler erreichen im Vergleich dazu durch gezielte Trainingsmethoden häufiger ihre körperlichen Grenzen.

Einen weiteren relevanten Unterschied zwischen Leistungs- und Hobbysportler könnte die Größe der Ausgangsglykogenspeicher dargestellt haben. Die Gruppe der Leistungssportler ernährt sich im Allgemeinen bewusster und kohlenhydratreicher als die Vergleichsgruppe aus dem Bereich des Hobbysportes. Die regelmäßige Teilnahme an Wettkämpfen im Ausdauerbelastungsbereich und die erforderlich gezielten Vorbereitungsmaßnahmen führen zu einem hohen Ernährungsbewusstsein.

Dadurch ist davon auszugehen, dass die Kohlenhydratspeicher der Leistungssportler schon vor dem Kohlenhydratladen sehr gut gefüllt waren. Der Einfluss des Kohlenhydratladens auf die Leistungsfähigkeit könnte geringer sein als für die Vergleichsgruppe.

Die Ernährungs- und Trainingsintervention zwischen den Spiroergometrie-Messungen hat zu den im vorigen Kapitel dargestellten Einflüssen auf die ausgewählten Leistungsparameter (P , $\dot{V}O_2$) sowie Ventilatorischen- ($\dot{V}'E$, $\dot{V}'E/\dot{V}O_2$), Hämodynamischen- (HF , $\dot{V}O_2/HF$), und Metabolischen-Parameter (RQ) geführt.

Für die Messgrößen des gesamten Panels wurde im maximalen Belastungsbereich eine Steigerung der gemessenen Werte ermittelt. Die Parameter maximale Wattleistung, absolute und relative maximale Sauerstoffaufnahme, maximales Atemminutenvolumen und maximale Herzfrequenz zeigten eine statistisch signifikante Steigerung durch Intervention.

Die beiden Gruppen Leistungssportler und Hobbysportler wurden hinsichtlich eines möglichen unterschiedlichen Effektes auf die gemessenen Parameter durch die Intervention miteinander verglichen. Im maximalen Leistungsbereich konnte für die gemessenen Parameter kein signifikant unterschiedlicher Einfluss des Kohlenhydratladens auf die Leistungssportler und Hobbysportler nachgewiesen werden.

Die Erhöhung der **maximalen Wattleistung (W_{max})** deutet auf eine allgemeine Steigerung der Leistungsfähigkeit hin. Der erwartete positive Einfluss konnte nachgewiesen werden. Im Mittel wurde eine Zunahme von 12 Watt (+3,45%) ermittelt. Das bedeutet, dass die Probanden nach dem Kohlenhydratladen in der Lage waren im Vergleich zur ersten Leistungsfeststellung durchschnittlich 12 Watt mehr zu leisten, bevor das Belastungsprotokoll aufgrund der körperlicher Erschöpfung abgebrochen werden musste.

Die relative Leistungssteigerung von 3,45% entspricht in etwa der in der Literatur angeführten Größenordnung, die mit Hilfe des Kohlenhydratladens erwartet werden konnte.

Die Muskelglykogensuperkompensation kann die Leistung um zirka 2-3% steigern [Hawley et al., 1997b].

Beide Testgruppen erreichten zwar im Durchschnitt eine Steigerung der maximalen Wattleistung (Leistungssportler: +1,86%; Hobbysportler: +5,35%), der Anstieg war jedoch nicht signifikant verschieden.

Als mögliche Erklärung für die geringere Verbesserung der Wattleistung der Leistungssportler wird angenommen, dass ihre Kohlenhydratspeicher aufgrund einer generellen kohlenhydratreichen Ernährungsweise schon vor dem Kohlenhydratladen sehr hoch waren. Durch den höheren Ausgangsglykogengehalt und der damit verbundenen geringeren Superkompensationsmöglichkeit könnte der Einfluss auf die Leistungsfähigkeit geringer sein als jener der Vergleichsgruppe.

Die Information der **maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_{2max})** über die maximale Leistungsfähigkeit ist mit jener der maximalen Wattleistung vergleichbar [Haber, 2005].

Für den Verlauf der Spiroergometrie besteht eine praktisch lineare Beziehung zwischen der Arbeitsintensität in Watt und der eingeatmeten Sauerstoffmenge. Der Punkt, an dem trotz steigender Belastungsintensität keine weitere Zunahme der Sauerstoffaufnahme erfolgt, entspricht der maximalen Sauerstoffaufnahme.

Die durchschnittliche VO_{2max} der Sportler erhöhte sich signifikant um etwa 5,5%.

Nach dem Kohlenhydratladen wurde mehr Sauerstoff pro Minute eingeatmet, um so den Mehrbedarf für die höhere Leistung am Spiroergometer zu gewährleisten.

Das **Atemminutenvolumen ($V'E$)** gibt die Menge an Luft an, die in einer Minute ein- und wieder ausgeatmet wird. Es setzt sich aus der Atemfrequenz und dem Atemzugvolumen zusammen [Hollmann et al., 2006].

Ein signifikanter Anstieg (+9,08%) des Atemminutenvolumens für das gesamte Probandenkollektiv wurde für den Maximalbereich nachgewiesen. Die Bereitstellung von zusätzlichem Sauerstoff für die höher erbrachte Leistung konnte durch die Aufnahme eines größeren Volumens an Luft erzielt werden.

Das Atemzugsvolumen geht im Grenzbereich der körperlichen Leistungsfähigkeit zugunsten einer Steigerung der Atemfrequenz zurück [Hollmann et al., 2006].

Der Anstieg des $V'E$ steht im direkten Zusammenhang mit der höher erzielten Wattleistung.

Für die gruppenspezifische statistische Auswertung konnte ein signifikanter Unterschied bei submaximaler Belastung ermittelt werden. Leistungssportler zeigten nach dem Kohlenhydratladen im Durchschnitt eine Senkung des $V'E$ (-3,74%), während die Intervention bei der Gruppe der Hobbysportler zu einer Erhöhung des Wertes (+1,64%) im Vergleich zur ersten Leistungsbestimmung führte. Der unterschiedliche Einfluss auf die gemessenen Werte des $V'E$ der beiden Vergleichsgruppen gilt für den geleisteten submaximalen Bereich als statistisch signifikant.

Das **Atemäquivalent ($V'E/VO_2$)** dient als wichtiges Kriterium zur Beurteilung der individuellen Belastungssituation in der spiroergometrischen Untersuchung. Es beschreibt die Menge an Luft, die eingeatmet werden muss, um einen Liter Sauerstoff im Körper verfügbar zu haben und ist somit ein Indikator für die Effektivität der Atmung. Ansteigende körperliche Belastung führt zum Absinken des Atemäquivalents. Die Atmung wird in diesem Belastungsbereich ökonomischer als in Körperruhe. Mit weiterer Steigerung der Belastungsintensität wird die Atmung durch die zunehmende Geschwindigkeit unökonomischer und der Atemäquivalent-Wert wieder höher [Hollmann et al., 2006].

Für das gesamte Probandenkollektiv wurde eine signifikante Steigerung im Maximalbereich (+3,13%) bestimmt. Die signifikante Steigerung ist auf die Zunahme der maximal erreichten Belastungsintensität zurückzuführen. Durch die Zunahme der Atemgeschwindigkeit im Maximalbereich steigt auch der $V'E/VO_2$ -Wert an.

Der Einfluss auf die gemessenen Werte im submaximalen Belastungsbereich (-0,76%) gilt als statistisch nicht signifikant. Jedoch deutet die Abnahme des $V'E/VO_2$ -Wertes auf

die Zunahme der Atemwirksamkeit hin. Die Atmung gilt für die Belastung nach dem Kohlenhydratladen als ökonomischer.

Für Leistungssportler und Hobbysportler hat die Intervention zu signifikant unterschiedlichen Änderungen der $\dot{V}E/VO_2$ -Werte auf submaximalem Leistungsniveau geführt. Die Abnahme von 3,08% für die Gruppe der Leistungssportler steht einer Zunahme von 1,56% der Hobbysportler gegenüber.

Kein signifikanter Unterschied konnte hingegen zwischen den beiden Leistungsgruppen im maximalen Belastungsbereich nachgewiesen werden.

Der Einfluss der Intervention auf die durchschnittliche **Herzfrequenz (HF)** der Probanden unterscheidet sich je nach Belastungsintensität.

Im submaximalen Bereich verringerte sich die mittlere Herzfrequenz der Sportler. Die gleiche submaximale Anstrengung konnte nach dem Kohlenhydratladen mit signifikant geringerer Herzfrequenz absolviert werden.

Der maximal erreichte Herzfrequenz-Wert erhöhte sich im Durchschnitt ebenfalls signifikant. Die Steigerung steht im Zusammenhang mit der gesteigerten maximalen Wattleistung. Mit dem Anstieg der maximalen Wattleistung erhöhte sich ebenfalls die Herztätigkeit im maximalen Belastungsbereich.

Der Vergleich der beiden Leistungsgruppen zeigt für die submaximalen Belastungsstufen einen signifikant unterschiedlichen Einfluss durch das Kohlenhydratladen. Beide Gruppen zeigen eine Verringerung der durchschnittlichen Herzfrequenz. Leistungssportler weisen jedoch eine signifikant höhere Verringerung auf.

Kein signifikanter Unterschied besteht für den Einfluss auf die ermittelten Maximalwerte der beiden Gruppen.

Der **Sauerstoffpuls (VO_2/HF)** beschreibt die pro Herzschlag aufgenommene Sauerstoffmenge.

Der Quotient zeigt eine signifikante Steigerung (+3,69%) im submaximalen Belastungsbereich zwischen erster und zweiter Messung.

Je größer der Sauerstoffpuls bei submaximaler Belastung ist, umso größer ist die noch vorhandene Leistungsreserve [Hollmann et al., 2006].

Die Superkompensation führte zu einer Erhöhung der Leistungsreserven. Die gleiche submaximale Belastung konnte nach dem Kohlenhydratladen mit geringerer Anstrengung geleistet werden.

Im Maximalbereich des Sauerstoffpulses ergab sich ebenfalls eine Erhöhung der gemessenen Sauerstoffpuls-Werte. Der ermittelte Anstieg (+4,53%) der pro Herzschlag aufgenommenen Sauerstoffmenge gilt im Gegensatz zum submaximalen Niveau als nicht signifikant.

Für den Vergleich von Leistungs- und Hobbysportler besteht kein signifikanter Unterschied für die Differenz der beiden Belastungsmessungen bei submaximaler und maximaler Anstrengung.

Im submaximalen Bereich liegt eine signifikante Verringerung (-1,15%) des durchschnittlichen **respiratorischen Quotienten (RQ)** vor. Die Energieversorgung der Probanden konnte länger durch einen höheren Anteil an Fett bereitgestellt werden.

Durch das Kohlenhydratladen konnten die KH-Speicher bei der zweiten Messung bei submaximaler Belastung länger geschont werden. Die Energieversorgung erfolgte für längere Zeit durch die Substrate Fett und Kohlenhydrate.

Leistungs- und Hobbysportler zeigten einen unterschiedlichen Verlauf des respiratorischen Quotienten im submaximalen Belastungsbereich. Leistungssportler erreichten jenen Belastungsbereich, ab dem die Energiebereitstellung zur Gänze aus Kohlenhydraten erfolgt ($RQ \geq 1$) auf der 250 Wattstufe. Für Hobbysportler erfolgte die Umstellung schon eine Stufe früher bei 200 Watt Leistung.

Die Kapazität zur Fettoxidation gilt für Langdistanz-Triathleten als erhöht. [Jeukendrup et al., 2005].

Gezieltes Ausdauertraining führt zu mehreren Anpassungsreaktionen im Skelettmuskel und ermöglicht so eine gesteigerte Fettsäureoxidation.

Durch den Anstieg der Fettsäureoxidation werden die Muskelglykogenspeicher sowie die Blutglucose bei submaximaler Belastung geschont [Horowitz und Klein, 2000].

Die Intervention durch das Kohlenhydratladen hatte für Leistungssportler und Hobbysportler einen signifikant unterschiedlichen Einfluss auf die gemessenen Werte des RQ im submaximalen Bereich. Der Parameter zeigte durch die Intervention zwar eine Verringerung der Durchschnittswerte für beide Gruppen, allerdings gilt diese für die Gruppe der Leistungssportler als signifikant größer.

Die gemessenen RQ-Maximalwerte der Studienteilnehmer liegen im Mittel um rund 0,6% höher als die Ausgangswerte. Die Erhöhung gilt als statistisch nicht signifikant.

Der gruppenspezifische Anstieg (LS: +0,33%; HS: +0,83%) zeigt im Vergleich keinen signifikanten Unterschied.

5 Schlussbetrachtung

Folgende Schlussfolgerungen für den untersuchten Einfluss des Kohlenhydratladens auf die Leistungsfähigkeit von Leistungs- und Hobbysportler können aufgrund der angeführten Daten getroffen werden.

Der im Vorfeld erwartete Anstieg der einzelnen Parameter zwischen den beiden Spiroergometrie-Belastungsmessungen konnte nachgewiesen werden.

Infolge der gezielten Ernährungs- und Trainingsintervention wurde eine gesteigerte maximale Wattleistung und Sauerstoffaufnahme sowie eine Erhöhung der gemessenen Maximalwerte für die Parameter Atemminutenvolumen, Atemäquivalent, Herzfrequenz, Sauerstoffpuls und respiratorischer Quotient erzielt.

Die relative Erhöhung der maximalen Wattleistung von 3,45% entspricht der in der Literatur angeführten Größenordnung von 2-3%, die mit Hilfe des Kohlenhydratladens erwartet werden konnte.

Die Auswertung der von den Probanden für den Zeitraum der Kohlenhydratspeicher-Superkompensation geführten Ernährungsprotokolle lässt darauf schließen, dass die vorgegebene Kohlenhydratmenge von 7-8g KH/kg KG/Tag von jedem Teilnehmer erreicht wurde.

Die Verringerung des respiratorischen Quotienten im submaximalen Bereich und die Zunahme im maximalen Bereich lassen ebenfalls auf eine erfolgreiche Superkompensation der Glykogenspeicher schließen.

Die Ergebnisse der Messungen deuten darauf hin, dass das Kohlenhydratladen in Summe zu einer Leistungssteigerung geführt hat. Der erwartete Zusammenhang zwischen einer kohlenhydratreichen Ernährungsweise und einer Steigerung der Leistungsfähigkeit konnte angezeigt werden.

Die getrennte Betrachtung des Kohlenhydratladen-Einflusses für die beiden Testgruppen Leistungssportler und Hobbysportler resultierte in signifikanten Unterschieden für einzelne Parameter im submaximalen Bereich. Für die ermittelten Höchstwerte gab es keinen signifikant unterschiedlichen Effekt für die Gruppen.

Für beide Testgruppen wurde eine Steigerung der maximalen Wattleistung (Leistungssportler: +1,86%; Hobbysportler: +5,35%) nachgewiesen.

Leistungssportler zeigten eine geringere Verbesserung der Wattleistung infolge der Kohlenhydratladen-Intervention. Ein höherer Ausgangsglykogengehalt aufgrund einer generellen kohlenhydratreicheren Ernährungsweise der Leistungssportler könnte im Zusammenhang mit der geringeren Superkompensationsmöglichkeit stehen.

5.1 Prüfung der Arbeitshypothesen

Die erste Arbeitshypothese, wonach durch die Entleerung und anschließende Superkompensation der Kohlenhydratspeicher in Verbindung mit gezielter Trainingsintervention eine Steigerung der Leistungsfähigkeit angenommen wurde, konnte realisiert werden. Ein gewisser psychologischer Vorteil durch die gewonnenen Erfahrungswerte bei der ersten Messung ist für die Vergleichsmessung allerdings vorstellbar.

Die zweite Arbeitshypothese, welche einen höheren Anstieg der Leistungsfähigkeit bei Hobbysportlern infolge von niedrigeren Ausgangsglykogenspeichern erwarten ließ, konnte verteidigt werden.

Ein höherer Anstieg der maximalen Wattleistung bei Hobbysportlern wurde zwar nachgewiesen, dieser gilt jedoch nicht als statistisch signifikant.

6 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurden mögliche Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit durch eine gezielte viertägige Trainings- und Ernährungsintervention (Kohlenhydratladen) untersucht. Das Probandenkollektiv setzte sich aus insgesamt zehn männlichen Sportlern (fünf Leistungs- und fünf Hobbysportler) zusammen.

Weiters wurde untersucht, ob zwischen den beiden Leistungsgruppen ein unterschiedlich starker Einfluss durch das Kohlenhydratladen nachgewiesen werden konnte.

Die Leistungsfeststellung erfolgte durch eine symptomlimitierte, maximale Spiroergometrie mit stufenförmig ansteigendem Belastungsprotokoll.

Anhand der ersten Messung wurde der Ist-Zustand der Probanden ermittelt. Nach der Kohlenhydratladen-Intervention erfolgte die Vergleichsmessung, um so einen möglichen Einfluss bestimmen zu können.

Die Probanden protokollierten für die dreitägige Dauer der Wiederauffüllphase der Glykogenspeicher die aufgenommenen kohlenhydrathaltigen Lebensmittel. Die anschließende Auswertung diente dem Nachweis der korrekten Aufnahme der vorgegebenen Kohlenhydratmenge.

Die statistische Analyse der gemessenen Parameter erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS 17.0. Die Auswertung ließ auf eine signifikante Steigerung der durchschnittlichen maximalen Wattleistung der Sportler schließen.

Leistungssportler zeigten eine geringere Verbesserung der Wattleistung als Hobbysportler. Die generelle kohlenhydratreichere Ernährungsweise der Leistungssportler könnte in Verbindung mit dem geringeren Effekt des Kohlenhydratladens stehen. Die getrennte Betrachtung des Kohlenhydratladen-Einflusses für die beiden Testgruppen resultierte in signifikanten Unterschieden für einzelne Parameter im submaximalen Bereich. Für die ermittelten Maximalwerte gab es keinen signifikant unterschiedlichen Effekt für die Gruppen.

6 Summary

In this study the possible impact of a specific four-day training and nutritional intervention (carbohydrate loading) on athletic performance was investigated.

The participants group consisted of ten male athletes (five professionals and five amateurs).

Furthermore, it was investigated whether different levels of influence could be observed between the two performance-groups.

The performance appraisal was done by a symptom-limited, maximal spiroergometry testing with a gradually increasing load protocol.

During an initial measurement the actual performance state of the subjects was determined. A subsequent measurement was carried out after the carbohydrate loading, in order to determine its possible influence.

The subjects recorded their consumption of foodstuffs, which contained carbohydrates for a period of the glycogen refill phase. A subsequent analysis was used to check the correct recording of the predetermined amount of carbohydrate.

The statistical analysis suggested a significant increase in the maximum wattage for the average values of the entire subject collective.

The demonstrated relative increase corresponded to the expected performance improvement in published studies.

Athletes showed a lower improvement of wattage than amateur athletes. The general carbohydrate-rich diet of the athletes could be the reason for the lower effect of the intervention on the maximum performance.

The separate consideration of the influence of carbohydrate loading on the two test groups resulted in significant differences for individual parameters in the submaximal range. For the maximum values there was no significantly different effect for the groups.

7 Literaturverzeichnis

ACHTEN, J.; JEUKENDRUP, A.E. (2004): Optimizing fat oxidation through exercise and diet. *Nutrition*, 20, 716-727

BERGSTRÖM, J.; HERMANSEN L.; HULTMAN E.; SALTIN B. (1967): Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiol Scand*, 71, 140-150

BROOKS, G.A.; MERCIER, J. (1994): Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: the „crossover“ concept. *J Appl Physiol* 76, 2253-2261

BURKE, L.M.; COLLIER, G.R.; HARGREAVES, M. (1993): Muscle glycogen storage after prolonged exercise: the effect of the glycemic index of carbohydrate feedings. *Journal of Applied Physiology*, 75, 1019-1023

BURKE, L.M.; COLLIER, G.R.; BEASLEY, S.K.; DAVIS, P.G.; FRICKER, P.A.; HEELEY, P.; WALDER, K.; HARGREAVES, M. (1995): Effect of coingestion of fat and protein with carbohydrate feedings on muscle glycogen storage. *Journal of Applied Physiology*, 78, 2187-2192

BURKE, L.M.; COLLIER, G.R.; DAVIS, P.G.; FRICKER, P.A.; SANIGORSKI, A.J.; HARGREAVES, M. (1996): Muscle glycogen storage after prolonged exercise: effect of the frequency of carbohydrate feedings. *American Journal of Clinical Nutrition*, 64, 115-119

BURKE, L.M.; HAWLEY, J.A.; SCHABORT, E.J.; GIBSON, A.; MUJICA, I.; NOAKES, T.D. (2000): Carbohydrateloading failes to improve 100-km cycling performance in a placebo-controlled trial. *Journal of Applied Physiology*, 88, 1284-1290

BURKE, L.M.; KIENS, B.; IVY, J.L. (2004): Carbohydrates and fat for training and recovery. *Journal of Sports Sciences*, 22, 15-30

CHRISTENSEN, E.H. (1932): Stoffwechsel und die respiratorischen Funktionen bei schwerer körperlicher Arbeit. *Scand Arch Physiol*, 91, 160

COSTILL, D.L.; GOLLNICK, P.D.; JANSSON, E.; SALTIN, B.; STEIN, E.M. (1973): Glycogen depletion pattern in human muscle fibers during distance running. *Acta Physiol. Scand.* 84

ELMADFA, I.; LEITZMANN, C. (2004): Ernährung des Menschen. 4.Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 157-158

FAIRCHILD, T.J.; FLETCHER, S.; STEELE, P.; GOODMAN, C.; DAWSON, B.; FOURNIER, P.A. (2002): Rapid Carbohydrate loadig after a short bout of near maximal-intensity exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34, 980-986

FEBBRAIO, M.; CHIU, A.; ANGUS, D.; ARKINSTALL, M.; HAWLEY, J. (2000): Effects of carbohydrate ingestion before and during exercise on glucose kinetics and performance. *J Appl Physiol*, 89, 2220

FREDHOLM, B.B. (1969): Inhibition of fatty acid release from adipose tissue by high arterial lactate concentrations. *Acta Physiol. Scand.* 77, Suppl. 330

FRIEDRICH, W. (2006): Optimale Sporternährung. Grundlagen für Leistung und Fitness im Sport. Spitta Verlag, 33-53

GRASSI, B.; POOLE, D.C.; RICHARDSON, R.S.; KNIGHT, D.R.; ERICKSON, B.K.; WAGNER, P.D. (1996): Muscle O₂ uptake kinetics in humans: implications for metabolic control. *Journal of Applied Physiology.* 80, 988-998

HABER, P. (2005): Leitfaden zur medizinischen Trainingsberatung, Rehabilitation bis Leistungssport. 2. Auflage. Springer Wien New York

HAWLEY, J.A.; PALMER, G.S.; NOAKES, T.D. (1997a): Effects of 3 days carbohydrate supplementation on muscle glycogen content and utilisation during a 1-h cycling performance. *European Journal of Applied Physiology*, 75, 407-412

HAWLEY, J.A.; SCHABORT, E.J.; NOAKES, T.D.; DENNIS, S.C. (1997b): Carbohydrate loading and exercise performance: an update. *Sports Med.* 24, 73-81

HERBST, R. (1928): Der Gasstoffwechsel als Maß der körperlichen Leistungsfähigkeit. Die Bestimmung des Sauerstoffaufnahmevermögens beim Gesunden. *Deutsches Arch Klin Med.* 162: 33-50

HOLLMANN, W.; STRÜDER, H.K.; PREDEL, HG.; TAGARAKIS, CV. (2006): Spiroergometrie, Kardiopulmonale Leistungsdiagnostik des Gesunden und Kranken. Schattauer Stuttgart

HOLLMANN, W.; STRÜDER, H.K. (2009): Sportmedizin, Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin. 5. Auflage. Schattauer Stuttgart New York

HOLLOSZY, J.O.; KOHRT, W.M.; HANSEN, P.A. (1998): The regulation of carbohydrate and fat metabolism during and after exercise. *Frontiers in Bioscience*, 3, 1011-1027

HORROWITZ, J.F; KLEIN, S. (2000): Lipid metabolism during endurance exercise. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72, 558S-563S

HORTON, T.J.; PAGLIASSOTTI, J.; HOBBS, K.; HILL, J.O. (1998): Fuel metabolism in men and women during and after long-duration exercise. *J Appl Physiol*, 85, 1823-1832

IVY, J.L.; KATZ, A.L.; CUTLER, C.L.; SHERMAN, W.M.; COYLE, E.F. (1988): Muscle glycogen synthesis after exercise: effect of time of carbohydrate ingestion. *Journal of Applied Physiology*, 64, 1480-1485

IVY, J.L. (1999): Role of carbohydrate in physical activity. *Clinics in Sports Medicine*, 18, 469-484

IVY, J.L. (2004): Regulation of muscle glycogen repletion, muscle protein synthesis and repair following exercise. *Journal of Sports Science and Medicine*, 3, 131-138

JENTJENS, R.; JEUKENDRUP, A. (2003): Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short term recovery. *Sports Med*, 33 (2), 117-144

JEUKENDRUP, A.E.; JENTJENS, R.L.P.G.; MOSELEY, L. (2005): Nutritional Considerations in Triathlon. *Sports Med*, 35 (2), 163-181

LÖFFLER, G. (2005): *Basiswissen Biochemie mit Pathobiochemie*. 6. Auflage. Springer Medizin Verlag Heidelberg

MADSEN, K.; PEDERSEN, P.K.; ROSE, P.; RICHTER, E.A. (1990): Carbohydrate supercompensation and muscle glycogen utilization during exhaustive running in highly trained athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 61, 467-472

MAUGHAN, R.J.; GREENHAFF, P.L.; LEIPER, J.P.; BALL, D.; LAMBERT, C.P.; GLEESON, M. (1997): Diet composition and the performance of high intensity exercise. *Journal of Sports Sciences*, 15, 265-275

MITTENDORFER, B.; KLEIN, S. (2003): Physiological factors that regulate the use of endogenous fat and carbohydrate fuels during endurance exercise. *Nutr. Res. Rev.* 16, 97-108

PARKIN, J.A.M.; CAREY, M.F.; MARTIN, I.K.; STOJANOVSKA, L; FEBBRAIO, M.A. (1997): Muscle glycogen storage following prolonged exercise: effect of timing of ingestion of high glycemic index food. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 220-224

SHERMAN, W.M.; COSTILL, D.L.; FINK, W.J.; MILLER, J.M. (1981): Effect of exercise-diet manipulation on muscle glycogen and its subsequent utilisation during performance. *International Journal of Sports Medicine*, 2, 114-118

RAUCH, L.H.G.; ROGER, I.; WILSON, G.R.; BELONJE, J.D.; DENNIS, S.C.; NOAKES, T.D. HAWLEY, J.A. (1995): The effects of carbohydrate loading on muscle glycogen content and cycling performance. *International of Sports Nutrition*, 5, 25-36

SALTIN, B.; KARLSSON, J. (1986): Die Ernährung des Sportlers. In: HOLLMANN, W. (Hrsg.): *Zentrale Themen der Sportmedizin*. Springer, Berlin

TARNOPOLSKY, M.A.; ZAWADA, C.; RICHMOND, L.B.; CARTER, S.; SHEARER, J.; GRAHAM, T.; PHILLIPS, S.M. (2001): Gender differences in carbohydrate loading are related to energy intake. *Journal of Applied Physiology*, 91, 225-230

VAN HALL, G.; SHIRREFFS, S.M.; CALBET, J.A.L. (2000): Muscle glycogen resynthesis during recovery from cycle exercise: no effect of additional protein ingestion. *Journal of Applied Physiology*, 88, 1631-1636

VAN LOON, L.; GREENHAFF, P.L.; CONSTANTIN-THEODOSIU, D.; SARIS, W.H.M.; WAGENMAKERS, A.J.M. (2001): The effects of increasing exercise intensity on muscle fuel utilisation in humans. *J Physiol*, 536(1), 295-304

VANDENBERGHE, K.; HESPEL, P.; VANDEN EYNDE, B., LYSSENS, R.; RICHTER, E.A. (1995): No effect of glycogen level on glycogen metabolism during high intensity exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, 1278-1283

WALKER, J.L.; HEIGENHAUSER, G.J.; HULTMAN, E.; SPRIET, L.L. (2000): Dietary carbohydrate, muscle glycogen content, and endurance performance in well-trained women. *Journal of Applied Physiology*, 88, 2151-2158

8 Anhang

Zur Veranschaulichung sind im Anhang folgende Protokolle angeführt:

- 1) Kalibrationsreport der Druck-, Volumen- und Gaskalibrierung
- 2) Das Informationsblatt, welches nach der ersten Messung an die Probanden ausgehändigt wurde
- 3) Auflistung der aufgenommenen kohlenhydrathältigen Nahrungsmittel während der Glykogenspeicher-Auffüllphase
- 4) Eine exemplarische Auswahl diverser Protokolle der Spiroergometrie-Belastungsmessungen
- 5) Darstellung der ermittelten Messwerte auf den Belastungsstufen 150W, 200W, 250W und der gemessenen Maximalwerte der Probanden

1) Kalibrationsreport der Druck-, Volumen- und Gaskalibrierung:

Kalibrations-ReportGeräte-Typ: **MetaLyzer 3B - R2**FW-Version: **2.5.86**Ser.-Nr.: **85840806**MS-Version: **3.9.5****Kalibrierwerte:**

Sensor	Datum	Zeit	Faktor	Offset
O2	11.11.2010	12:58:39	1,243106	0,392692
CO2	11.11.2010	12:58:39	0,971604	-0,016275
P	11.11.2010	12:42:16		157,000000
Vin (Standard)	11.11.2010	13:01:00	1,029175	0,000000
Vex (Standard)	11.11.2010	13:01:00	1,007187	0,000000
Datenquelle:		Datenbank		

Kalibriergase:**Gas Name:**

Umgebungsluft (O2: 20,93 / CO2: 0,03 Vol%)

Cortex-Kalibrierset (O2: 15,00 / CO2: 5,00 Vol%)

Verantwortliche Bediener:

Sensor	Bediener
O2	Administrator
CO2	Administrator
P	Administrator
Vin	Administrator
Vex	Administrator

Unterschrift _____

Erstellt am: 11.11.2010 13:01:21

2) Das Informationsblatt, welches nach der ersten Messung an die Probanden ausgehändigt wurde:

Einfluss von Kohlenhydratladien auf die Leistungsfähigkeit am Spiroergometer
 Florian Schönbauer

Informationsblatt

Das Kohlenhydratladien

Die folgende Empfehlung für Ernährung und Training führt zu einer Erhöhung der Kohlenhydrat-Speicher in der Muskulatur. Es gilt herauszufinden, ob ein solcher Anstieg des Glykogengehaltes mit einer Steigerung der Leistungsfähigkeit assoziiert ist.

- Vier Tage vor der 2. Messung: 60 bis 90 Minuten intensives Ausdauertraining und kohlenhydratarmer Kost
- Drei Tage bis einen Tag vor der 2. Messung: Training mit geringem Umfang (ca. 30 Prozent des normalen Quantums) und kohlenhydratreiche Kost

Die Kombination von intensivem Ausdauertraining mit kohlenhydratarmer Kost hat den Zweck, die muskulären Glykogen-Depots zunächst zu entleeren.

Die Reduktion des Trainingsumfangs in den darauffolgenden Tagen bis zur 2. Messung auf ein Drittel des Normalpensums, in Verbindung mit kohlenhydratreicher Kost, macht es möglich, das Muskelglykogen gegenüber dem Ausgangswert zu verdoppeln.

Zeitplan:

Freitag 12.11:	erste Messung am Spiroergometer (3h vorher letzte Mahlzeit)
Samstag 13.11:	gewohntes Ernährungs- und Bewegungsverhalten
Sonntag 14.11:	gewohntes Ernährungs- und Bewegungsverhalten
Montag 15.11:	Kohlenhydratspeicher entleeren
Dienstag 16.11:	Kohlenhydratspeicher füllen
Mittwoch 17.11:	Kohlenhydratspeicher füllen
Donnerstag 18.11:	Kohlenhydratspeicher füllen
Freitag 19.11:	zweite Messung am Spiroergometer (3h vorher letzte Mahlzeit)

Kohlenhydrat- reicher Tag (niedriger Fettgehalt):

Frühstück:

Müsli bzw. Haferflocken mit fettarmer Milch/fettarmen Joghurt

Brot mit magerem Aufstrich; Honig; magerem Schinken; magerem Käse (zB. Cottage Cheese)

Banane, Obstprodukte

Mittagessen/Abendessen:

Nudeln mit Gemüse; Gemüsesugo/Tomatensauce

Teigwaren/Reis/ Kartoffeln mit Gemüse

Zwischendurch:

Bananen

Obst

Getränke: Obstsäfte (verdünnt/unverdünnt), Orangensaft (Konzentrat), Traubensaft, Wasser

Tee, Kaffee (gesüßt)

Mengenangaben pro Tag:

Nudeln: ca. 300g/Tag (zB. 150g zu Mittag, 150g am Abend) oder

Reis ca. 240g/Tag (zB. 120g zu Mittag, 120g am Abend)

Bananen: 3/Tag

Kohlenhydrat- armer Tag (höherer Fettgehalt):

Fleisch (Geflügel, Rind, Schwein)

Fisch (Thunfisch, Lachs)

Vollkornnudeln mit Faschiertem und Tomatensauce (wenig Nudeln, bis zu 60g)

Vollkornweckerl, Schinken; Käse

Blattsalate

Gemüse

Naturjoghurt

Ungesüßte Getränke

3) Auflistung der aufgenommenen kohlenhydrathaltigen Nahrungsmittel während der Glykogenspeicher-Auffüllphase:

1-GB	Produkt	aufgenommene Produkt-Menge (g bzw. ml)	KH- Gehalt (g KH/100g bzw 100ml)	aufgenommene KH- Menge (g KH)	Quelle der Nährwertangabe
1.Tag	Choco Corn flakes	200	87	174	USDA
	Vollkorntoast	200 (8 Scheiben)	40	80	NWK
	Apfel	150 (1 Stk)	14	21	USDA
	Actimel Erdbeere	100	12	12	NWK
	Vollkornnudeln	380	71	270	USDA
	SUMME			557	
2.Tag	Choco Corn flakes	120	87	104	USDA
	Topfencreme Erdbeere	180	14	24	NWK
	Vollkornnudeln	400	71	284	USDA
	Roggenbrot	180 (4 Scheiben)	48	86	USDA
	Fitnessweckerl	140 (2 Stk)	44	62	USDA
	SUMME			561	
3.Tag	Actimel Erdbeere	100	12	12	NWK
	Choco Corn flakes	60	87	52	USDA
	Topfencreme Erdbeere	180	14	24	NWK
	Vollkornnudeln	350	71	249	USDA
	Fitnessweckerl	140 (2 Stk)	44	62	USDA
	Roggenbrot	225 (5 Scheiben)	48	108	USDA
	Vollkorntoast	200 (8 Scheiben)	40	80	NWK
	SUMME			587	
2-SH	Produkt	aufgenommene Produkt-Menge (g bzw. ml)	KH- Gehalt (g KH/100g bzw 100ml)	aufgenommene KH- Menge (g KH)	Quelle der Nährwertangabe
1.Tag	Haferflocken Müsli Mischung	100	79	79	USDA
	Reiswaffel	30	88	26	NWK
	Dinkelwaffel	80	66	53	NWK
	Müsliriegel	35 (1 Stk)	57	20	NWK
	Powidl	50	54	27	NWK
	KH- Getränk	60	96	58	NWK
	Vollkornnudeln	200	71	142	USDA
	Bananen	300 (2 Stk)	25	75	NWK
	Apfel	350	14	49	USDA
	SUMME			529	
2.Tag	Haferflocken Müsli Mischung	90	79	71	USDA
	Reiswaffel	65	88	57	NWK
	Dinkelwaffel	60	66	40	NWK
	Müsliriegel	70 (2 Stk)	57	40	NWK
	Powidl	40	54	22	NWK
	Vollkornnudeln	200	71	142	USDA
	Topfenockerl	130	14	18	NWK
	Feigen	50	49	25	NWK
	Cheesecake	200	35	70	NWK
	Apfel	200	14	28	USDA
	SUMME			512	
3.Tag	Haferflocken Müsli Mischung	100	79	79	USDA
	Reiswaffel	20	88	18	NWK
	Dinkelwaffel	200	66	132	NWK
	Müsliriegel	35 (1 Stk)	57	20	NWK
	Powidl	100	54	54	NWK
	Vollkornnudeln	100	71	71	USDA
	Topfenockerl	130	14	18	NWK
	Feigen	50	49	25	NWK
	Apfel	500	14	70	USDA
	KH- Getränk	80	96	77	NWK
	SUMME			563	

3-WW	Produkt	aufgenommene Produkt-Menge (g bzw. ml)	KH- Gehalt (g KH/100g bzw 100ml)	aufgenommene KH- Menge (g KH)	Quelle der Nährwertangabe
1.Tag	Müslimischung	100	64	64	NWK
	Nudeln	160	75	120	NWK
	Reis	140	80	112	NWK
	Bananen	300 (2 Stk)	25	75	USDA
	Apfelsaft	750	11	83	NWK
	Orangensaft	500	10	50	NWK
	SUMME			504	
2.Tag	Müslimischung	100	64	64	NWK
	Fruchtjoghurt	200	14	28	NWK
	Reis	200	80	160	USDA
	Bananen	300 (2 Stk)	25	75	USDA
	Apfelsaft	1000	11	110	NWK
	Orangensaft	500	10	50	NWK
	SUMME			487	
3.Tag	Müslimischung	100	64	64	NWK
	Nudeln	300	75	225	USDA
	Bananen	450 (3 Stk)	25	113	USDA
	Fitnessweckerl	140 (2 Stk)	44	62	USDA
	Orangensaft	500	10	50	NWK
	SUMME			514	
4-AM	Produkt	aufgenommene Produkt-Menge (g bzw. ml)	KH- Gehalt (g KH/100g bzw 100ml)	aufgenommene KH- Menge (g KH)	Quelle der Nährwertangabe
1.Tag	Haferflocken Müslimischung	100	79	79	NWK
	Bananen	450 (3 Stk)	25	113	USDA
	Apfel	300 (2 Stk)	14	42	USDA
	Nudeln	350	75	263	USDA
	Orangensaft	250	10	25	NWK
	Apfelsaft	500	11	55	NWK
	SUMME			576	
2.Tag	Haferflocken Müslimischung	100	79	79	NWK
	Bananen	300 (2 Stk)	25	75	USDA
	Nudeln	50	75	38	USDA
	Reis	350	80	280	USDA
	Apfelsaft	500	11	55	NWK
	SUMME			527	
3.Tag	Haferflocken Müslimischung	100	79	79	NWK
	Bananen	300 (2 Stk)	25	75	USDA
	Nudeln	150	75	113	USDA
	Reis	200	80	160	USDA
	Apfelsaft	1000	11	110	NWK
	Müsliriegel	70 (2 Stk)	57	40	NWK
	SUMME			577	
5-SJ	Produkt	aufgenommene Produkt-Menge (g bzw. ml)	KH- Gehalt (g KH/100g bzw 100ml)	aufgenommene KH- Menge (g KH)	Quelle der Nährwertangabe
1.Tag	Dinkelmüsli	80	68	54	NWK
	Banane	300 (2 Stk)	25	75	USDA
	Roggenmischbrot	100	44	44	USDA
	Nudeln	200	67	134	USDA
	Reis	150	80	120	USDA
	Apfelsaft	1000	11	110	NWK
	SUMME			537	
2.Tag	Dinkelmüsli	100	68	68	NWK
	Banane	450 (3 Stk)	25	113	USDA
	Roggenmischbrot	200	44	88	USDA
	Nudeln	150	67	101	USDA
	Apfelsaft	1000	11	110	NWK
	Kartoffeln	300	20	60	USDA
	SUMME			539	
3.Tag	Dinkelmüsli	150	68	102	NWK
	Banane	450 (3 Stk)	25	113	USDA
	Roggenmischbrot	150	44	66	USDA
	Apfelsaft	1000	11	110	NWK
	Reis	150	80	120	USDA
	SUMME			511	

6-MH	Produkt	aufgenommene Produkt-Menge (g bzw. ml)	KH- Gehalt (g KH/100g bzw 100ml)	aufgenommene KH- Menge (g KH)	Quelle der Nährwertangabe
1.Tag	Haferflocken Müslimischung	70	79	55	NWK
	Marillenjoghurt	200	16	32	NWK
	Roggenmischbrot	180 (4 Scheiben)	44	79	USDA
	Nudeln	100	75	75	USDA
	Apfelstrudel	150	30	45	NWK
	Bananen	300 (2 Stk)	25	75	USDA
	Grießschmarren	300	32	96	www.knorr.co.at
	Apfelmus	150	15	23	BLS
	Apfelsaft	1000	11	110	NWK
	SUMME			590	
2.Tag	Haferflocken Müslimischung	50	79	40	NWK
	Marillenjoghurt	200	16	32	NWK
	Roggenmischbrot	135 (3 Scheiben)	44	59	USDA
	Reis	100	80	80	USDA
	Kartoffeln	100	20	20	USDA
	Nudeln	200	75	150	USDA
	Bananen	450 (3 Stk)	25	113	USDA
	Apfelsaft	1500	11	165	NWK
	SUMME			658	
3.Tag	Haferflocken Müslimischung	50	79	40	NWK
	Marillenjoghurt	400	16	64	NWK
	Roggenmischbrot	135 (3 Scheiben)	44	59	USDA
	Reis	50	80	40	USDA
	Nudeln	150	75	113	USDA
	Kartoffeln	150	20	30	USDA
	Apfelsaft	1500	11	165	NWK
	Bananen	450 (3 Stk)	25	113	USDA
	SUMME			623	
7-NW	Produkt	aufgenommene Produkt-Menge (g bzw. ml)	KH- Gehalt (g KH/100g bzw 100ml)	aufgenommene KH- Menge (g KH)	Quelle der Nährwertangabe
1.Tag	Müslimischung	80	64	51	NWK
	Banane	300 (2 Stk)	25	75	USDA
	Kartoffeln	200	20	40	USDA
	Nudeln	270	75	203	USDA
	Apfelsaft	1500	11	165	NWK
	SUMME			534	
2. Tag	Fitness- Weckerl	70 (1 Stk)	44	31	USDA
	Müslimischung	100	64	64	NWK
	Nudeln	150	75	113	USDA
	Reis	200	80	160	USDA
	Roggenmischbrot	90 (2 Scheiben)	44	40	USDA
	Banane	450 (3 Stk)	25	113	USDA
	Apfelsaft	500	11	55	NWK
	SUMME			575	
3.Tag	Roggenmischbrot	135 (3 Scheiben)	44	59	USDA
	Müslimischung	80	64	51	NWK
	Banane	450 (3 Stk)	25	113	USDA
	Kartoffel	200	20	40	USDA
	Nudeln	200	75	150	USDA
	Apfelsaft	1000	11	110	NWK
	SUMME			523	
8-NA	Produkt	aufgenommene Produkt-Menge (g bzw. ml)	KH- Gehalt (g KH/100g bzw 100ml)	aufgenommene KH- Menge (g KH)	Quelle der Nährwertangabe
1.Tag	Müslimischung	100	64	64	NWK
	Fruchtjoghurt	300	14	42	NWK
	Banane	300 (2 Stk)	25	75	USDA
	Reis	200	80	160	USDA
	Fitness- Weckerl	70 (1 Stk)	44	31	NWK
	Multivitaminsaft	1500	12	180	NWK
	SUMME			552	
2.Tag	Müslimischung	100	64	64	NWK
	Fruchtjoghurt	200	14	28	NWK
	Banane	450 (3 Stk)	25	113	USDA
	Reis	100	80	80	USDA
	Nudeln	180	75	135	USDA
	Multivitaminsaft	1000	12	120	NWK
	SUMME			540	
3.Tag	Müslimischung	100	64	64	NWK
	Fruchtjoghurt	200	14	28	NWK
	Banane	300 (2 Stk)	25	75	USDA
	Nudeln	350	75	263	USDA
	Multivitaminsaft	1500	12	180	NWK
	SUMME			610	

9-CP	Produkt	aufgenommene Produkt-Menge (g bzw. ml)	KH- Gehalt (g KH/100g bzw 100ml)	aufgenommene KH- Menge (g KH)	Quelle der Nährwertangabe
1.Tag	Müslimischung	80	68	54	NWK
	Fruchtjoghurt	150	14	21	NWK
	Bananen	300 (2 Stk)	25	75	USDA
	Kartoffeln	300	20	60	USDA
	Nudlen	150	75	113	USDA
	Orangensaft	1500	10	150	NWK
	Apfelsaft	500	11	55	NWK
	SUMME			528	
2.Tag	Müslimischung	100	68	68	NWK
	Fruchtjoghurt	200	14	28	NWK
	Bananen	450 (3 Stk)	25	113	USDA
	Topfengolatsche	120 (1 Stk)	27	32	NWK
	Nudlen	150	75	113	USDA
	Orangensaft	1500	10	150	NWK
	Apfelsaft	500	11	55	NWK
	SUMME			558	
3.Tag	Müslimischung	100	68	68	NWK
	Fruchtjoghurt	200	14	28	NWK
	Bananen	300 (2 Stk)	25	75	USDA
	Topfengolatsche	120 (1 Stk)	27	32	NWK
	Nudlen	150	75	113	USDA
	Gnocchi	200	31	62	NWK
	Orangensaft	1500	10	150	NWK
	Apfelsaft	1000	11	110	NWK
	SUMME			638	
10-MK	Produkt	aufgenommene Produkt-Menge (g bzw. ml)	KH- Gehalt (g KH/100g bzw 100ml)	aufgenommene KH- Menge (g KH)	Quelle der Nährwertangabe
1.Tag	Müslimischung	120	64	77	NWK
	Fruchtjoghurt	250	14	35	NWK
	Roggenmischbrot	90 (2 Scheiben)	44	40	USDA
	Nudlen	200	75	150	USDA
	Reis	100	80	80	USDA
	Apfelsaft	1500	11	165	NWK
	SUMME			546	
2.Tag	Schokomüsli	300	65	195	NWK
	Fruchtjoghurt	250	14	35	NWK
	Nudlen	150	75	113	USDA
	Reis	150	80	120	USDA
	Apfelsaft	1000	11	110	NWK
	SUMME			573	
3.Tag	Schokomüsli	200	65	130	NWK
	Fruchtjoghurt	100	14	14	NWK
	Nudlen	250	75	188	USDA
	Fitnessweckerl	140 (2 Stk)	44	62	USDA
	Apfelsaft	1500	11	165	NWK
	SUMME			559	

Abkürzungen:

USDA: united states departement of agriculture (Nährwertdatenbank)

NWK: Nährwertkennzeichnung auf der Verpackung des Produktes

4) Eine exemplarische Auswahl diverser Protokolle der Spiroergometrie-
Belastungsmessungen:

Standard-Report (Zeitgrafik, P Fahrrad)



Name:	Wurnitsch, Wolfgang		
Id.-Nr.:	FS03	Gewicht:	65,7 kg
Alter:	29 Jahre	Größe:	178 cm
Geschlecht:	männlich	Arzt:	
		Lean Body Weight:	-
		KO:	1,80m ²
		BMI:	21kg/m ²
Datum:	18.11.2010, 15:20	Belastungsprotokoll:	Stufen-Test (50W / 3min) II
Testdauer:	0:29:06		
Bediener:	Administrator		
Ergospirometrie-Gerät:	MetaLyzor 3B - R2	Umgebungsbedingungen	
Belastungsgerät:	custo control	Temperatur: 21,4 °C	
		Druck: 992 mbar	
Mittelungsmethode:	Gleitender Mittelwert (zeit-bezogen)	Zeitintervall [s]	45
Ausreißerbeseitigungsmethode	Online-Ausreißerbeseitigung		

Übersichtsgrafik Ergospirometrie-Test



Standard-Report (P Fahrrad)



Name:	Wurnitsch, Wolfgang					
Id.-Nr.:	FS03	Gewicht:	65,7 kg	Lean Body Weight:	-	
Alter:	29 Jahre	Größe:	178 cm	KO:	1,80m ²	
Geschlecht:	männlich	Arzt:		BMI:	21kg/m ²	
Datum:	18.11.2010, 15:20	Belastungsprotokoll:	Stufen-Test (50W / 3min) II			
Testdauer:	0:29:06					
Bediener:	Administrator					
Ergospirometrie-Gerät: MetaLyzor 3B - R2		Umgebungsbedingungen				
Belastungsgerät: custo control		Temperatur: 21,4 °C				
		Druck: 992 mbar				
Mittelungsmethode:		Gleitender Mittelwert (zeit-bezogen)		Zeitintervall [s]		
Ausreißerbeseitigungsmethode		Online-Ausreißerbeseitigung		45		

Zusammenfassung 1						
Kanal	Einheit	Ruhephase	AT	AT % V'O2max	V'O2max V'O2max als % Soll	Soll
Zeit	[h:mm:ss]	0:03:00	0:18:37	-	0:26:00	-
HF	[1/min]	75	169	85	198	104 191
P	[W]	5	300	75	400	171 234
V'O2/HF	[ml]	10,9	21,0	95	22,2	130 17,1
V'E	[l/min]	21,9	84,3	51	165,7	- -
AF	[1/min]	21,2	27,5	54	50,9	132 38,5
V'O2	[l/min]	0,819	3,542	81	4,394	135 3,245
V'O2/kg	[ml/min/kg]	12	54	81	67	- -
V'CO2	[l/min]	0,732	3,444	65	5,266	- -
R	-	0,90	0,97	81	1,20	- -
V'E/V'O2	-	24,9	23,3	63	36,9	- -
V'E/V'CO2	-	27,8	23,9	78	30,7	- -

Zusammenfassung 2					
Kanal	Einheit	Ruhephase	AT	RCP RCP % V'O2max	V'O2max
Zeit	[h:mm:ss]	0:03:00	0:18:37	0:22:10	0:26:00
HF	[1/min]	75	169	186	94 198
P	[W]	5	300	350	88 400
V'O2/HF	[ml]	10,9	21,0	22,1	100 22,2
V'E	[l/min]	21,9	84,3	111,2	67 165,7
AF	[1/min]	21,2	27,5	33,7	66 50,9
V'O2	[l/min]	0,819	3,542	4,106	93 4,394
V'O2/kg	[ml/min/kg]	12	54	62	93 67
V'CO2	[l/min]	0,732	3,444	4,407	84 5,266
R	-	0,90	0,97	1,07	90 1,20
V'E/V'O2	-	24,9	23,3	26,5	72 36,9
V'E/V'CO2	-	27,8	23,9	24,7	80 30,7

Slope-Werte					
Name	Slope	Korrelation	Belastungsphase(n)	Intervall von / bis [m:ss]	Relativ zu Belastungsphasen [m:ss]
V'E(V'CO2)	29,0	0,99	Belastung	4:01 25:06	1:00 min. nach Beginn Belastung 0:59 min. vor Ende Belastung
Bemerkung					

Phase	P	HF	V'O2/HF	V'O2	V'O2/kg	V'CO2	R	V'E	AF	V'E/V'O2
	W	1/min	ml	l/min	ml/min/kg	l/min		l/min	1/min	
0:00:30	Ruhe	5	78	11,9	0,928	14	0,801	0,87	23,8	23,1 24,0
0:01:00	Ruhe	5	76	12,0	0,908	14	0,807	0,89	24,1	21,5 24,8
0:01:30	Ruhe	5	77	11,2	0,852	13	0,768	0,90	22,3	19,9 24,6
0:02:00	Ruhe	5	76	10,4	0,789	12	0,720	0,91	21,8	21,1 25,6
0:02:30	Ruhe	5	75	9,5	0,698	11	0,638	0,91	19,5	20,3 25,7

Erstellt am: 22.11.2010 12:03:35

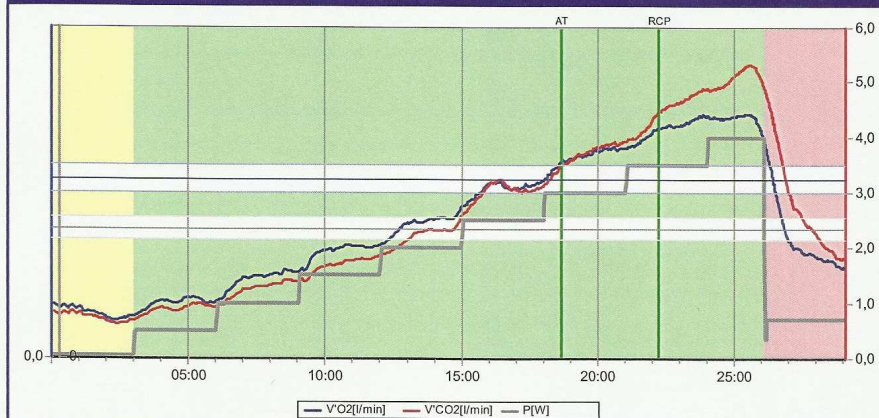
Standard-Report (P Fahrrad)				Proband				Datum:			
				Wurnitsch, Wolfgang				18.11.2010, 15:20			
	Phase	P W	HF 1/min	VO2 HF ml	VO2 l/min	VO2 kg ml/min/kg	VOO2 l/min	R	VE l/min	AF 1/min	VE/VO2
0:03:00	Ruhe	5	72	10,3	0,735	11	0,654	0,89	19,8	21,1	24,9
0:03:30	Last	50	74	11,1	0,821	13	0,742	0,90	21,9	21,7	24,7
0:04:00	Last	50	83	11,9	0,983	15	0,873	0,89	25,4	22,6	24,2
0:04:30	Last	50	86	11,9	1,021	16	0,886	0,87	25,1	20,0	23,0
0:05:00	Last	50	88	11,8	1,043	16	0,893	0,86	25,0	19,7	22,5
0:05:30	Last	50	89	12,2	1,087	17	0,978	0,90	27,2	20,3	23,6
0:06:00	Last	50	88	11,5	1,008	15	0,939	0,93	25,9	18,7	24,4
0:06:30	Last	100	93	11,8	1,097	17	0,981	0,90	26,2	17,3	22,8
0:07:00	Last	100	100	13,5	1,347	21	1,150	0,85	29,8	16,3	21,3
0:07:30	Last	100	102	14,5	1,464	22	1,262	0,86	32,3	16,7	21,2
0:08:00	Last	100	98	15,3	1,485	23	1,307	0,88	33,0	17,7	21,3
0:08:30	Last	100	99	15,5	1,527	23	1,348	0,88	34,3	19,1	21,5
0:09:00	Last	100	101	15,7	1,579	24	1,409	0,89	36,3	21,6	21,9
0:09:30	Last	150	105	15,6	1,633	25	1,420	0,87	35,6	19,8	20,9
0:10:00	Last	150	109	17,6	1,909	29	1,613	0,85	40,5	20,3	20,4
0:10:30	Last	150	111	17,8	1,972	30	1,689	0,86	41,6	20,6	20,3
0:11:00	Last	150	114	17,9	2,030	31	1,747	0,86	41,6	20,0	19,8
0:11:30	Last	150	115	17,7	2,025	31	1,797	0,89	42,5	19,3	20,3
0:12:00	Last	150	117	17,3	2,019	31	1,823	0,90	43,6	20,4	20,8
0:12:30	Last	200	121	17,5	2,122	32	1,906	0,90	45,4	20,6	20,7
0:13:00	Last	200	126	18,6	2,341	36	2,044	0,87	45,7	18,6	19,0
0:13:30	Last	200	128	19,3	2,462	37	2,237	0,91	50,8	19,7	20,0
0:14:00	Last	200	132	18,9	2,493	38	2,318	0,93	53,5	22,1	20,8
0:14:30	Last	200	132	19,3	2,540	39	2,322	0,91	52,9	21,6	20,2
0:15:00	Last	200	131	19,7	2,582	39	2,385	0,92	54,8	21,6	20,5
0:15:30	Last	250	141	20,1	2,830	43	2,714	0,96	65,0	24,1	22,2
0:16:00	Last	250	149	20,4	3,044	46	2,977	0,98	70,8	24,5	22,6
0:16:30	Last	250	154	20,7	3,185	48	3,201	1,00	76,9	26,5	23,5
0:17:00	Last	250	155	20,0	3,088	47	3,119	1,01	77,6	27,7	24,5
0:17:30	Last	250	154	20,2	3,106	47	3,036	0,98	77,0	28,2	24,1
0:18:00	Last	250	155	20,4	3,167	48	3,071	0,97	76,6	28,0	23,5
0:18:30	Last	300	162	20,6	3,346	51	3,253	0,97	79,4	27,3	23,1
0:19:00	Last	300	170	20,9	3,554	54	3,495	0,98	86,2	28,1	23,7
0:19:30	Last	300	174	21,0	3,645	55	3,656	1,00	92,2	30,8	24,7
0:20:00	Last	300	175	21,2	3,711	56	3,771	1,02	93,4	30,5	24,5
0:20:30	Last	300	177	21,4	3,779	58	3,849	1,02	94,9	29,7	24,5
0:21:00	Last	300	178	21,3	3,796	58	3,891	1,03	102,1	33,1	26,3
0:21:30	Last	350	181	21,2	3,838	58	3,972	1,04	106,6	33,9	27,1
0:22:00	Last	350	183	21,8	3,989	61	4,152	1,04	108,1	33,6	26,5
0:22:30	Last	350	185	22,4	4,152	63	4,448	1,07	115,2	35,5	27,1
0:23:00	Last	350	188	22,4	4,204	64	4,589	1,09	124,1	38,1	28,8
0:23:30	Last	350	191	22,3	4,259	65	4,695	1,10	129,5	38,9	29,7
0:24:00	Last	350	192	22,8	4,372	67	4,837	1,11	134,9	40,9	30,2
0:24:30	Last	400	193	22,6	4,356	66	4,877	1,12	141,2	43,3	31,7
0:25:00	Last	400	195	22,3	4,347	66	4,990	1,15	151,0	46,3	33,9
0:25:30	Last	400	197	22,3	4,394	67	5,206	1,18	161,1	49,7	35,8
0:26:00	Last	400	199	21,7	4,312	66	5,226	1,21	166,9	52,1	37,9
0:26:30	Erhol	70	197	18,2	3,580	54	4,621	1,31	155,2	52,7	42,9
0:27:00	Erhol	70	187	13,5	2,541	39	3,577	1,41	121,4	42,6	46,5
0:27:30	Erhol	70	174	11,6	2,017	31	2,755	1,37	97,7	38,3	46,9
0:28:00	Erhol	70	160	11,8	1,891	29	2,389	1,26	87,3	40,7	44,6
0:28:30	Erhol	70	148	12,1	1,796	27	2,102	1,17	76,6	38,6	40,9
0:29:00	Erhol	70	140	12,1	1,695	26	1,860	1,10	66,1	37,2	37,4
0:29:30	Erhol	70	139	11,8	1,643	25	1,816	1,11	64,8	36,3	38,0

Erstellt am: 22.11.2010 12:03:36

VO₂/VCO₂

Name:	Wurnitsch, Wolfgang				
Id.-Nr.:	FS03	Gewicht:	65,7 kg	Lean Body Weight:	-
Alter:	29 Jahre	Größe:	178 cm	KO:	1,80 m ²
Geschlecht:	männlich	Arzt:		BMI:	21 kg/m ²
Datum:	18.11.2010, 15:20		Belastungsprotokoll: Stufen-Test (50W / 3min) II		
Testdauer:	0:29:06				
Bediener:	Administrator				
Ergospirometrie-Gerät: MetaLyzor 3B - R2		Umgebungsbedingungen		Spirometrie-Ergebnisse	
Belastungsgerät: custo control		Temperatur: 21,4 °C		FEV1: I	
		Druck: 992 mbar		MVV: 0,00 l/min	

Zeit-Grafik



V'E (Atemminutenvolumen)



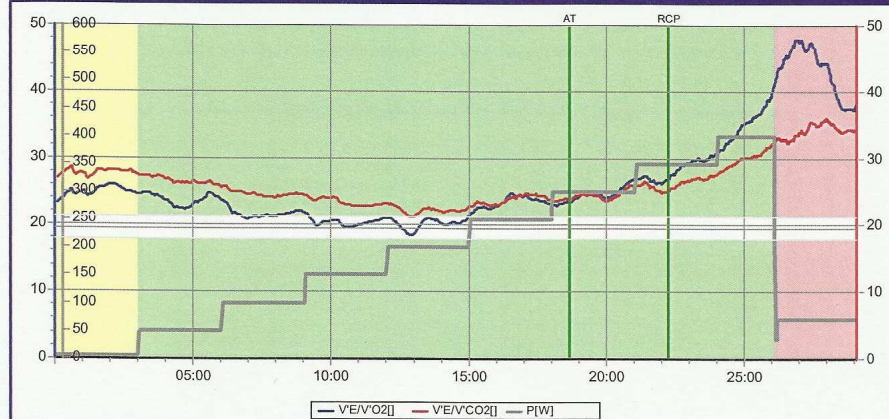
Name:	Wurnitsch, Wolfgang				
Id.-Nr.:	FS03	Gewicht:	65,7 kg	Lean Body Weight:	-
Alter:	29 Jahre	Größe:	178 cm	KO:	1,80 m ²
Geschlecht:	männlich	Arzt:		BMI:	21 kg/m ²
Datum:	18.11.2010, 15:20		Belastungsprotokoll: Stufen-Test (50W / 3min) II		
Testdauer:	0:29:06				
Bediener:	Administrator				
Ergospirometrie-Gerät: MetaLyzor 3B - R2		Umgebungsbedingungen		Spirometrie-Ergebnisse	
Belastungsgerät: custo control		Temperatur: 21,4 °C		FEV1: I	
		Druck: 992 mbar		MVV: 0,00 l/min	

Zeit-Grafik

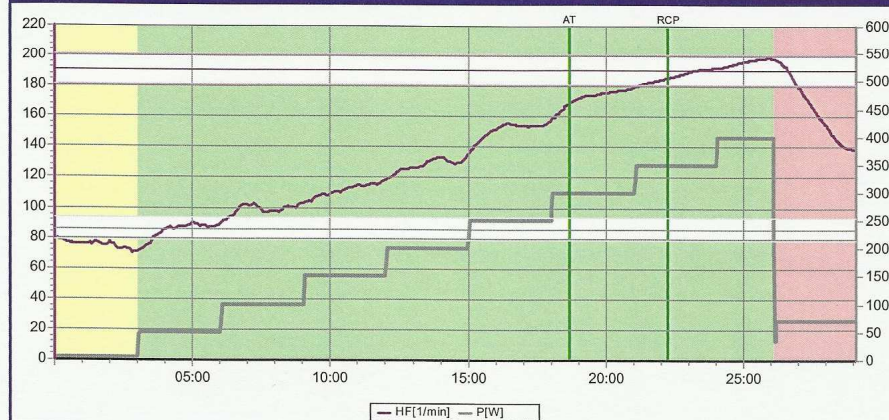


V'E/V'O2, V'E/V'CO2

Name:	Wurnitsch, Wolfgang		
Id.-Nr.:	FS03	Gewicht:	65,7 kg
Alter:	29 Jahre	Größe:	178 cm
Geschlecht:	männlich	Arzt:	
		Lean Body Weight:	-
		KO:	1,80 m ²
		BMI:	21 kg/m ²
Datum:	18.11.2010, 15:20		Belastungsprotokoll:
Testdauer:	0:29:06		Stufen-Test (50W / 3min) II
Bediener:	Administrator		
Ergospirometrie-Gerät:	Metalzyer 3B - R2	Umgebungsbedingungen	Spirometrie-Ergebnisse
Belastungsgerät:	custo control	Temperatur: 21,4 °C	FEV1: I
		Druck: 992 mbar	MVV: 0,00 l/min

Zeit-Grafik**HF**

Name:	Wurnitsch, Wolfgang		
Id.-Nr.:	FS03	Gewicht:	65,7 kg
Alter:	29 Jahre	Größe:	178 cm
Geschlecht:	männlich	Arzt:	
		Lean Body Weight:	-
		KO:	1,80 m ²
		BMI:	21 kg/m ²
Datum:	18.11.2010, 15:20		Belastungsprotokoll:
Testdauer:	0:29:06		Stufen-Test (50W / 3min) II
Bediener:	Administrator		
Ergospirometrie-Gerät:	Metalzyer 3B - R2	Umgebungsbedingungen	Spirometrie-Ergebnisse
Belastungsgerät:	custo control	Temperatur: 21,4 °C	FEV1: I
		Druck: 992 mbar	MVV: 0,00 l/min

Zeit-Grafik

VO2/HF Sauerstoffpuls



Name:	Wurnitsch, Wolfgang							
Id.-Nr.:	FS03	Gewicht:	65,7 kg	Lean Body Weight:	-			
Alter:	29 Jahre	Größe:	178 cm	KO:	1,80m^2			
Geschlecht:	männlich	Arzt:		BMI:	21 kg/m^2			
Datum:	18.11.2010, 15:20		Belastungsprotokoll: Stufen-Test (50W / 3min) II					
Testdauer:	0:29:06							
Bediener:	Administrator							
Ergospirometrie-Gerät: MetaLyzor 3B - R2		Umgebungsbedingungen		Spirometrie-Ergebnisse				
Belastungsgerät: custo control		Temperatur: 21,4 °C		FEV1: l				
		Druck: 992 mbar		MVV: 0,00 l/min				

Zeit-Grafik

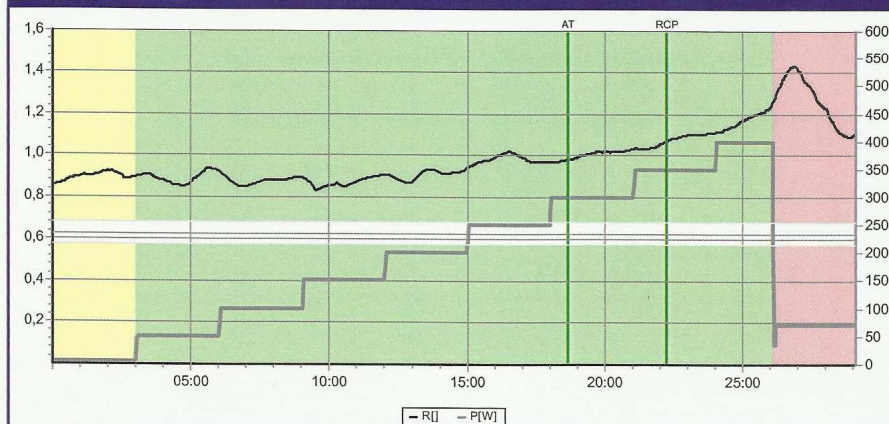


R Gasaustauschrate



Name:	Wurnitsch, Wolfgang							
Id.-Nr.:	FS03	Gewicht:	65,7 kg	Lean Body Weight:	-			
Alter:	29 Jahre	Größe:	178 cm	KO:	1,80 m^2			
Geschlecht:	männlich	Arzt:		BMI:	21 kg/m^2			
Datum:	18.11.2010, 15:20		Belastungsprotokoll: Stufen-Test (50W / 3min) II					
Testdauer:	0:29:06							
Bediener:	Administrator							
Ergospirometrie-Gerät: MetaLyzor 3B - R2		Umgebungsbedingungen		Spirometrie-Ergebnisse				
Belastungsgerät: custo control		Temperatur: 21,4 °C		FEV1: l				
		Druck: 992 mbar		MVV: 0,00 l/min				

Zeit-Grafik



Harbor-UCLA 9-Felder-Grafik



Name: Wurnitsch, Wolfgang

Id.-Nr.: FS03

Alter: 29 Jahre

Geschlecht: männlich

Gewicht: 65,7 kg

Größe: 178 cm

Arzt:

Lean Body Weight:

KO: 1,80m²

BMI: 21kg/m²

Datum: 18.11.2010, 15:20

Testdauer: 0:29:06

Bediener: Administrator

Belastungsprotokoll: Stufen-Test (50W / 3min) II

Ergospirometrie-Gerät: MetaLyzer 3B - R2
Belastungsgerät: custo control

Belastungsgerät: custo control

Umgebungsbedingungen

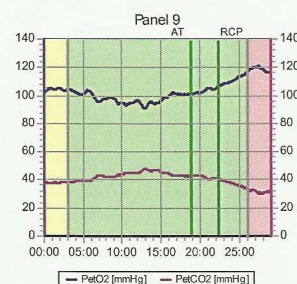
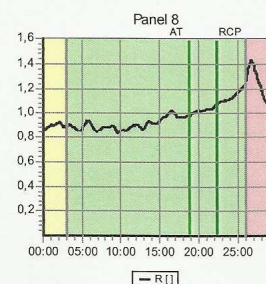
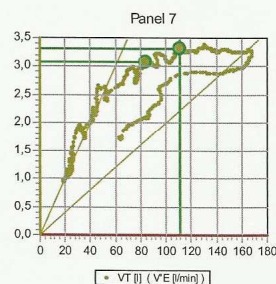
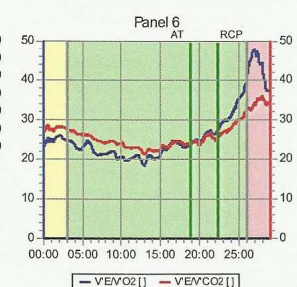
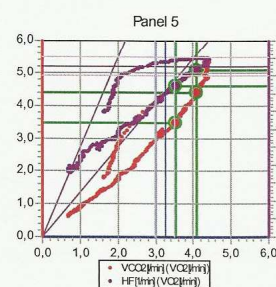
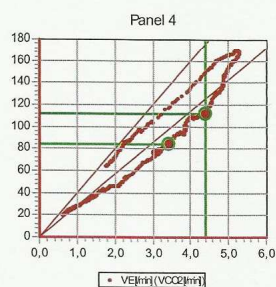
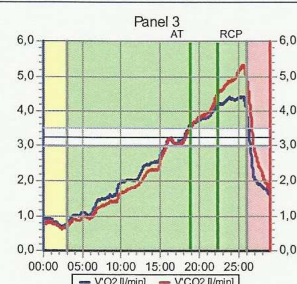
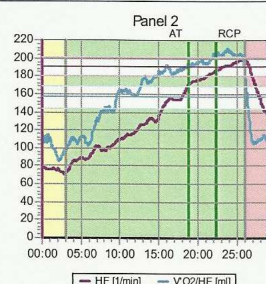
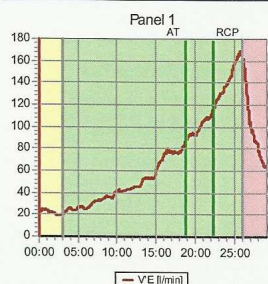
Temperatur: 21,4 °C

Druck: 992 mbar

Mittelungsmethode::	Gleitender Mittelwert (zeit-bezogen)	Zeitintervall [s]
---------------------	--------------------------------------	-------------------

45

Ausreißerbeseitigungsmethode Online-Ausreißerbeseitigung



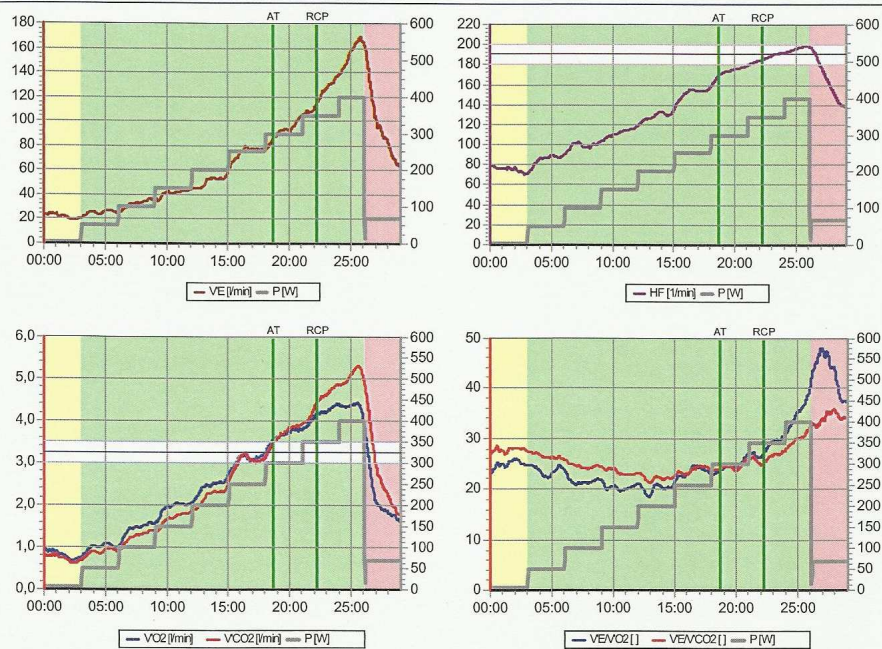
Erstellt am: 22.11.2010 12:04:24

Standard-Report (4 Grafiken, P Fahrrad)



Name:	Wurnitsch, Wolfgang		
Id.-Nr.:	FS03	Gewicht:	65,7 kg
Alter:	29 Jahre	Größe:	178 cm
Geschlecht:	männlich	Arzt:	
		Lean Body Weight:	-
		KO:	1,80m ²
		BMI:	21 kg/m ²
Datum:	18.11.2010, 15:20	Belastungsprotokoll:	Stufen-Test (50W / 3min) II
Testdauer:	0:29:06		
Bediener:	Administrator		
Ergospirometrie-Gerät: MetaLyzer 3B - R2		Umgebungsbedingungen	
Belastungsgerät: custo control		Temperatur: 21,4 °C	
		Druck: 992 mbar	

Mittelungsmethode: Gleitender Mittelwert (zeit-bezogen) Zeitintervall [s] 45
 Ausreißerbeseitigungsmethode Online-Ausreißerbeseitigung



5) Darstellung der ermittelten Messwerte auf den Belastungsstufen 150W, 200W 250W und der gemessenen Maximalwerte der Probanden:

		P [W]		VO2 [l/min]		VO2 [ml/min/kg]		V'E [l/min]		V'E/V'O ₂		HF [1/min]		VO ₂ /HF [ml]		RQ	
Proband	Stufe			Leistungsparameter				Ventilatorische Parameter				Hämodynamische Parameter		Metabolischer Parameter			
1/GB	150	150	150	1,63	1,66	22	23	35,9	36,2	21	21,3	105	106	15,4	15,7	0,94	0,88
		150	150	1,81	1,95	25	27	35,1	39,6	18,6	19,6	109	109	16,5	17,8	0,88	0,86
		150	150	2,01	2,05	28	28	36,4	39,7	17,4	18,7	111	109	18,2	18,9	0,86	0,85
		150	150	2,11	2,09	29	28	42,9	40,2	19,5	18,4	115	111	18,4	18,8	0,93	0,86
		150	150	2,11	2,16	29	29	45,8	43,7	20,9	19,4	116	113	18,2	19,1	0,97	0,89
		150	150	2,01	2,19	28	30	42,6	45,2	20,4	19,8	115	113	17,4	19,3	0,96	0,91
	200	200	200	2,08	2,25	29	31	42,7	46,7	19,8	20,0	119	117	17,5	19,3	0,94	0,90
		200	200	2,28	2,41	31	33	46,2	49,3	19,5	19,7	124	121	18,4	20,0	0,94	0,90
		200	200	2,53	2,55	35	35	48,8	50,7	18,6	19,1	128	124	19,8	20,5	0,99	0,90
		200	200	2,63	2,60	36	35	54,2	51,2	19,9	18,9	131	125	20,0	20,8	1,00	0,91
		200	200	2,61	2,61	36	36	55,3	49,7	20,4	18,3	132	126	19,8	20,8	0,99	0,90
		200	200	2,56	2,65	35	36	52,3	53,6	19,8	19,5	133	126	19,3	21,0	0,99	0,93
	250	250	250	2,59	2,67	36	36	53,0	54,8	19,8	19,8	136	129	19	20,7	0,99	0,94
		250	250	2,76	2,86	38	39	53,8	58,9	18,9	19,9	140	135	19,7	21,2	0,97	0,95
		250	250	3,06	3,01	42	41	60,5	62,8	19,2	20,3	142	139	21,5	21,7	1,00	0,97
		250	250	3,12	3,14	43	43	66,9	66,8	20,8	20,7	145	142	21,5	22,1	1,04	0,99
		250	250	3,2	3,13	44	43	70,5	67,4	21,4	20,9	152	145	21,1	21,6	1,06	1,00
		250	250	3,16	3,15	43	43	68,0	67,8	20,9	20,9	152	145	20,7	21,8	1,05	0,99
	MAX	408	408	4,37	4,64	60	63	135,7	146,9	30,3	30,9	182	183	24	25,3	1,24	1,19
2/SH	150	150	150	1,89	1,69	26	24	41,1	33,6	20,9	19,1	102	90	18,5	18,8	0,92	0,89
		150	150	1,95	1,86	27	26	39,5	36,9	19,7	19,3	103	95	19	19,6	0,91	0,92
		150	150	2,06	1,98	29	27	39,8	40,8	18,8	20,1	102	98	20,2	20,1	0,91	0,96
		150	150	2,11	1,97	29	27	42,7	38,9	19,6	19,3	105	99	20	19,9	0,93	0,94
		150	150	2,13	2,06	30	29	44,1	41,7	20	19,7	107	97	19,8	21,3	0,94	0,95
		150	150	2,26	2,09	31	29	47,7	44	20,4	20,5	109	100	20,7	21	0,96	0,98
	200	200	200	2,38	2,25	33	31	53,7	48,1	21,8	20,8	115	107	20,7	21,1	0,99	0,97
		200	200	2,54	2,43	35	34	56,7	49,5	21,5	19,9	123	112	20,6	21,8	0,99	0,95
		200	200	2,57	2,53	36	35	54,8	49,1	20,5	18,9	122	114	20,9	22,2	0,96	0,94
		200	200	2,67	2,62	37	36	55,5	52,3	20,2	19,5	123	115	21,7	22,8	0,96	0,96
		200	200	2,74	2,64	38	37	57,7	53,4	20,5	19,7	125	117	22	22,5	0,99	0,97
		200	200	2,74	2,69	38	37	58,7	54,4	20,8	19,6	126	118	21,7	22,8	0,99	0,96
	250	250	250	2,82	2,38	39	39	61	57,3	21	19,7	130	122	21,7	23,2	0,99	0,97
		250	250	3,07	3,01	43	42	66,1	59,5	21	19,3	136	130	22,6	23,1	1,01	0,98
		250	250	3,1	3,07	43	43	68,8	60,4	21,6	19,2	139	132	22,3	23,2	1,02	0,98
		250	250	3,09	3,15	43	44	67,6	61,9	21,3	19,2	139	133	22,2	23,6	1,02	0,99
		250	250	3,15	3,24	44	45	71,6	66,9	22,1	20,2	140	136	22,5	23,8	1,04	1,02
		250	250	3,17	3,28	44	45	73,5	68,9	22,4	20,5	142	139	22,4	23,5	1,02	1,03
	MAX	391	385	4,18	4,41	58	61	145,5	153	34,0	33,9	181	182	23,1	24,2	1,26	1,26
3/WW	150	150	150	1,55	1,63	24	25	37,5	35,6	23,1	20,9	107	105	14,4	15,6	0,94	0,87
		150	150	1,88	1,91	29	29	43,3	40,5	22,1	20,4	114	109	16,4	17,6	0,91	0,85
		150	150	2,01	1,97	31	30	47,2	41,6	22,6	20,3	117	111	17,2	17,8	0,94	0,86
		150	150	1,98	2,03	30	31	49,2	41,6	23,9	19,8	121	114	16,4	17,9	0,97	0,86
		150	150	2,01	2,03	31	31	50,7	42,5	24,4	20,3	124	115	16,2	17,7	0,98	0,89
		150	150	1,96	2,02	30	31	51,3	43,6	25,2	20,8	124	117	15,8	17,3	1	0,9
	200	200	200	2,12	2,12	32	32	51,5	45,4	23,5	20,4	127	121	16,6	17,5	0,97	0,9
		200	200	2,35	2,34	36	36	55,5	45,7	22,8	19	132	126	17,7	18,6	0,95	0,87
		200	200	2,41	2,46	37	37	56,9	50,8	22,8	20	136	128	17,7	19,3	0,95	0,91
		200	200	2,45	2,49	37	38	60,8	53,5	24	20,8	138	132	17,8	18,9	0,98	0,93
		200	200	2,45	2,54	37	39	63,2	52,9	24,9	20,2	140	132	17,5	19,3	1	0,91
		200	200	2,52	2,58	39	39	62,2	54,8	23,8	20,5	140	131	18	19,7	0,97	0,92
	250	250	250	2,71	2,83	41	43	67,3	65	24	22,2	144	141	18,8	20,1	0,96	0,96
		250	250	2,87	3,04	44	46	70	70,8	23,7	22,6	152	149	18,8	20,4	0,97	0,98
		250	250	2,95	3,19	45	48	70,2	76,9	23,2	23,5	155	154	19	20,7	0,99	1
		250	250	2,98	3,09	45	47	76,4	77,6	25	24,5	158	155	18,8	20	1,03	1,01
		250	250	2,95	3,11	45	47	76,1	77	25,1	24,1	161	154	18,3	20,2	1,03	0,98
		250	250	3,04	3,17	46	48	77,7	76,6	24,8	23,5	163	155	18,7	20,4	1,02	0,97
	MAX	381	385	4	4,39	61	67	149,1	165,7	36,4	36,9	196	198	20,4	22,2	1,25	1,2
4/AM	150	150	150	1,82	1,7	28	26	38,7	40	20,3	22,5	128	123	14,2	13,8	0,83	0,92
		150	150	2,14	1,77	33	27	45	41,7	20,2	22,6	134	129	15,9	13,6	0,83	0,92
		150	150	2,26	2,03	35	31	49,6	48,6	21,1	23	137	131	16,5	15,5	0,86	0,95
		150	150	2,22	2,05	34	32	49,7	52,2	21,5	24,5	138	132	16,1	15,5	0,87	0,97
		150	150	2,22	2,02	34	31	50,7	52	22	24,8	139	137	16	14,7	0,87	0,98
		150	150	2,26	2,07	35	32	52,3	51,8	22,2	24,1	140	138	16,2	15	0,88	0,97
	200	200	200	2,33	2,09	36	32	52,4	49,9	21,7	22,9	141	137	16,5	15,2	0,87	0,94
		200	200	2,61	2,42	40	37	57,2	57	21,1	22,7	147	143	17,8	16,9	0,87	0,94
		200	200	2,79	2,56	43	39	63,9	61	22,1	22,9	153	148	18,3	17,3	0,91	0,97
		200	200	2,81	2,55	43	39	65,6	61,4	22,5	23,2	158	149	17,8	17,2	0,92	0,98
		200	200	2,83	2,54	44	39	66,2	61,8	22,6	23,5	158	149	17,9	17,9	0,92	0,98
		200	200	2,79	2,53	43	39	65	57,9	22,5	22	156	149	17,9	17	0,91	0,95
	250	250	250	2,99	2,7	46	42	67,7	65,6	21,9	23,4	159	152	18,8	17,8	0,9	0,98
		250	250	2,15	3,01	49	46	75,2	66,2	23,1	21,3	162	157	19,5	19,1	0,94	0,95
		250	250	3,29	3,07	51	47	81,6	74,4	24,1	23,5	167	162	19,7	18,9	0,98	1,01
		250	250	3,39	3,21	52	49	86,8	72,4	24,8	21,9	171	163	19,8	19,7	1	0,99
		250	250	3,41	3,31	53	51	87,9	82,9	25	24,3	172	169	19,9	19,6	1	1,04
		250	250	3,44	3,27	53	50	90,1	83,5	25,4	24,8	172	169	20	19,3	1	1,03
	MAX	326	354	3,89	4,12	60	63	125	156,6	31,3	37,1	184	190	21,1	21,7	1,15	1,28
5/SI	150	150	150	1,62	1,67	25	26	34,6	32,8	20,4	18,7	127	120	12,7	13,9	0,93	0,86
		150	150	1,85	1,9	28	29	38,6	36,3	20,1	18,2	134	122	13,8	15,5	0,92	0,85
		150	150	1,95	2	30	31	39	38,7	19,3	18,5	136	126	14,3	15,9	0,91	0,88
		150	150	1,98	2,04	30	31	37,8	40,7	18,4	19,2	137	130	14,5	15,7	0,9	0,91
		150	150	2,06	2,05	32	31	40,5	41,5	19	19,4	139	134	14,8	15,3	0,92	0,92
		150	150	2,09	2,05	32	32	44	41,3	20,3	19,3	141	137	14,9	15	0,96	0,91
	</																

Proband	Stufe	P [W]		VO2 [l/min]		VO2 [ml/min/kg]		V'E [l/min]		V'E/V'O ₂		HF [1/min]		VO ₂ /HF [ml]		RQ	
		Leistungparameter		Ventilatorische Parameter		Hämodynamische Parameter		Metabolischer Parameter									
6/MH	150	150	150	1,66	1,63	23	22	35,5	36	20,6	21,3	117	107	14,2	15,2	0,85	0,9
		150	150	1,97	1,79	27	25	39,7	37,8	19,4	20,3	125	113	15,7	15,8	0,84	0,88
		150	150	2,02	1,93	28	26	41,2	42,1	19,7	21,1	125	118	16,1	16,3	0,86	0,9
		150	150	2,05	1,88	28	26	42,2	41,3	19,9	21,2	126	118	16,3	16	0,87	0,91
		150	150	2,05	1,93	28	26	45	42,4	21,3	21,1	130	117	15,7	16,5	0,9	0,91
		150	150	2,04	1,99	28	27	45,7	46	21,6	22,2	131	116	15,6	17,2	0,92	0,95
	200	200	200	2,16	2,1	29	29	46,5	45,6	20,8	20,9	136	125	15,8	16,8	0,89	0,92
		200	200	2,47	2,41	34	33	51,7	49	20,1	19,7	142	130	17,4	18,5	0,89	0,88
		200	200	2,56	2,5	35	34	55,3	53,1	20,9	20,6	143	135	17,9	18,5	0,93	0,9
		200	200	2,55	2,47	35	34	55,9	55,3	21,2	21,7	143	135	17,8	18,2	0,94	0,92
		200	200	2,64	2,5	36	34	56,8	54	20,8	20,9	144	138	18,3	18,1	0,93	0,92
		200	200	2,74	2,48	37	34	58	53,6	20,4	20,9	145	138	18,9	17,9	0,93	0,92
	250	250	250	2,84	2,68	39	37	62,1	56,2	21,1	20,3	149	140	19	19,1	0,93	0,92
		250	250	3,05	2,04	42	42	65,2	65,6	20,7	20,9	155	145	19,6	20,5	0,93	0,94
		250	250	3,24	3,11	44	43	73,8	72,8	22,1	22,8	159	149	20,4	20,9	0,97	0,98
		250	250	3,19	3,1	44	42	74,7	73,8	22,7	23,1	159	151	20	20,6	0,98	1
		250	250	3,26	3,03	45	41	76	72,1	22,6	23	162	151	20,2	20,1	0,97	0,99
		250	250	3,29	3,09	45	42	78,7	72,2	23,2	22,7	165	152	20	20,3	0,98	0,98
	MAX	368	402	4,09	4,37	56	60	138,5	163,6	33,0	36,6	181	186	22,6	23,5	1,17	1,25
7/NW	150	150	150	1,65	1,62	25	24	32,9	33,7	19,6	19,7	126	125	13,1	12,9	0,89	0,91
		150	150	1,83	1,73	27	26	35,6	35,3	18,5	20,2	132	132	13,9	13,1	0,9	0,91
		150	150	1,89	1,94	28	29	36,1	38,8	19,1	21,4	134	134	14,2	14,5	0,9	0,9
		150	150	2	2,13	30	32	39,1	44,4	19,8	20,6	137	141	14,6	15,1	0,93	0,97
		150	150	2,04	2,05	31	31	40,7	43,9	19,1	20,5	139	143	14,7	14,4	0,95	0,99
		150	150	2,07	2,02	31	30	41,5	43,1	19,2	20,5	140	143	14,8	14,1	0,96	0,98
	200	200	200	2,19	2,1	33	32	44,4	43,8	19,4	19,9	145	147	15	14,3	0,96	0,96
		200	200	2,36	2,27	35	34	48	46	19,4	19,4	151	152	15,7	14,9	0,98	0,96
		200	200	2,48	2,32	37	35	51,9	46,3	20,1	20	156	155	16	15	1,02	0,98
		200	200	2,48	2,47	37	37	52,5	50,4	20,7	20,7	158	157	15,7	15,8	1,03	0,99
		200	200	2,56	2,46	38	37	53,6	53	20,3	21	160	160	16	15,4	1,02	1,02
		200	200	2,47	2,43	37	37	51,7	51,2	21,1	21,5	161	159	15,4	15,3	1,01	0,99
	250	250	250	2,56	2,71	38	41	53,7	57,5	21,6	20,7	164	164	15,6	16,5	1,01	1,01
		250	250	2,76	2,75	41	41	56,6	59,7	19,7	20,9	169	170	16,4	16,1	1,01	1,04
		250	250	2,94	2,81	44	42	61,4	60,1	20,1	20,5	171	172	17,3	16,3	1,04	1,05
		250	250	3,02	2,94	45	44	66,7	64,8	21,3	21,2	174	175	17,4	16,8	1,08	1,07
		250	250	3	2,96	45	44	66,7	66	21,5	21,5	176	177	17,1	16,7	1,09	1,08
		250	250	3,06	2,95	46	44	68,9	64,6	21,7	21,1	177	178	17,3	16,5	1,09	1,09
	MAX	305	328	3,55	3,61	53	54	90,7	95,1	24,7	25,5	186	190	19,1	19	1,18	1,23
8/NA	150	150	150	1,63	1,77	22	24	32	33,7	19	18,5	112	110	14,6	16,1	0,89	0,88
		150	150	1,82	1,99	24	26	36	37,7	19,2	18,4	116	114	15,6	17,4	0,91	0,88
		150	150	1,94	2,13	26	28	38,6	42,8	19,3	19,4	120	116	16,1	18,3	0,93	0,91
		150	150	2,02	2,14	27	29	42,8	45,8	20,5	20,8	122	116	16,6	18,4	0,96	0,96
		150	150	2,01	2,09	27	28	44,2	45,8	21,3	21,3	124	116	16,2	18	0,98	0,98
		150	150	2,03	2,15	27	29	43,5	45,9	20,8	21,3	129	116	15,7	18,6	0,97	0,94
	200	200	200	2,12	2,31	28	31	45,8	50,2	20,9	22,1	134	121	15,8	19,2	0,97	0,94
		200	200	2,31	2,47	31	33	50,7	52,2	21,3	20,5	138	134	16,7	18,5	0,99	0,95
		200	200	2,39	2,59	32	35	53,5	53	21,7	19,8	138	140	17,4	18,4	1,01	0,94
		200	200	2,41	2,64	32	35	53,6	57,3	21,6	21	139	143	17,4	18,5	1,01	0,98
		200	200	2,45	2,64	32	35	54,3	59,4	21,5	21,9	144	142	17	18,6	1,01	1,01
		200	200	2,52	2,66	33	35	56,8	58,6	21,8	21,5	146	143	17,3	18,5	1,02	1
	250	250	250	2,66	2,87	35	38	61,4	64	22,3	21,6	151	150	17,6	19,1	1,02	1
		250	250	2,77	2,95	37	39	64,4	66,5	22,6	21,9	153	155	18,1	19,1	1,02	1
		250	250	2,84	3,01	38	40	64,4	66	22,1	21,3	157	155	18,1	19,4	1,04	1
		250	250	2,94	2,96	39	39	67,3	65,7	22,2	24,3	159	157	18,5	18,9	1,05	1,01
		250	250	2,02	2,86	40	38	71,7	64,1	23	22,8	158	159	19,1	18	1,07	0,96
		250	250	3,07	3,21	41	43	74,5	73,8	23,6	21,7	160	161	19,3	19,8	1,08	1,01
	MAX	302	309	3,56	3,84	47	51	108,2	121,7	29,6	30,9	185	189	19,2	20,3	1,24	1,21
9/CP	150	150	150	1,69	1,79	24	25	37,6	38,9	21,4	21,1	131	117	13	15,3	0,97	0,97
		150	150	1,84	1,92	26	27	38,4	39,4	20,3	19,9	136	122	13,5	15,7	0,96	0,95
		150	150	2,02	2,09	29	30	41,8	43,5	20	20,1	138	125	14,7	16,8	0,97	0,96
		150	150	1,96	2,2	28	31	42	46,8	20,7	20,6	137	127	14,3	17,3	0,98	0,98
		150	150	2,02	2,21	29	31	43,3	47,8	20,7	20,9	137	131	14,7	16,9	0,97	1
		150	150	2,17	2,21	31	31	47	49,4	20,9	21,5	141	134	15,4	16,5	0,99	1,01
	200	200	200	2,24	2,25	32	32	49,1	50,8	21,2	21,8	147	140	15,2	16	1	1,02
		200	200	2,32	2,36	33	34	50,4	51	21,1	20,8	152	144	15,3	16,4	1	1,01
		200	200	2,42	2,53	34	36	52	57,2	20,9	21,8	153	146	15,8	17,3	1,01	1,03
		200	200	2,55	2,65	36	38	56,6	62,6	21,5	22,8	154	148	16,5	17,9	1,03	1,06
		200	200	2,58	2,67	37	38	59,3	64,3	22,2	23,4	156	149	16,5	17,8	1,05	1,07
		200	200	2,65	2,7	38	38	64,3	67	23,5	24	160	151	16,6	17,9	1,08	1,07
	250	250	250	2,69	2,77	38	39	66,5	66,7	23,9	23,3	165	156	16,4	17,8	1,09	1,06
		250	250	2,85	2,91	40	41	69,8	68,9	23,7	22,9	166	159	17,2	18,3	1,09	1,06
		250	250	3,04	3,01	43	43	77,8	72,5	24,8	23,3	168	161	18,1	18,7	1,12	1,08
		250	250	3,1	3,16	44	45	81,8	79,3	25,6	24,3	170	162	18,2	19,5	1,13	1,1
		250	250	3,15	3,26	45	46	85	83,7	26,1	24,8	172	164	18,4	19,9	1,14	1,12
		250	250	3,24	3,36	46	48	88,9	88,1	26,6	25,4	174	165	18,7	20,3	1,14	1,12
	MAX	302	306	3,65	3,8	52	54	114,5	111,5	30,5	28,5	182	176	20	21,6	1,22	1,19
10/MK	150	150	150	1,85	1,73	26	24	39,5	37,6	20,5	20,9	118	116	15,7	14,9	0,95	0,97
		150	150	2,02	1,91	28	26	41,6	40,2	19,8	20,2	124	122	16,3	15,7	0,95	0,96
		150	150	2,14	2,05	30	28	42,8	42,3	19,4	19,8	127	128	16,8	16,1	0,97	0,98
		150	150	2,06	2,12	28	29	41,5	45,1	19,5	20,5	127	130	16,2	16,3	1	1
		150	150	2,16	2,2	30	30	41,7	49,2	18,7	21,6	131	133	16,5	16,6	0,98	1,03

LEBENS LAUF

Persönliche Daten

Name	Florian Schönbauer
Geburtsdatum	10.03.1986
Geburtsort	Wien

Schulbildung

09/1992 – 06/1996	Volksschule Marianum, 1180 Wien
09/1996 – 06/2004	Realgymnasium Krottenbachstraße, 1190 Wien

Studium

seit 10/2005	Diplomstudium Ernährungswissenschaften, Universität Wien
--------------	--

Berufserfahrungen

07/2003	Ferialpraktikum bei Billa AG
10/2004 – 09/2005	Zivildienst beim Österreichischen Roten Kreuz
02/2010 – 07/2010	Praktikum am Institut für Ernährungswissenschaften der Universität Wien
09/2010	Praktikum bei Almdudler Limonade, A.&S. Klein GmbH & Co KG
10/2010 – 12/2010	Praktikum am Institut für Ernährungswissenschaften der Universität Wien
Seit 01/2011	Praktikum bei Iglo Austria GmbH